



Esta obra esta bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartir igual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL BARRIO CENTRO DEL
DISTRITO DE PICOTA, PROVINCIA PICOTA - REGIÓN SAN
MARTÍN

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

Autores:
Bach. Yerson Bacner Córdova Castillo
Bach. Carlofranco Montalvan Rios

Asesor:
Ing. M. Sc. Enrique Napoleon Martínez Quiroz

TARAPOTO - PERÚ
2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL BARRIO CENTRO DEL
DISTRITO DE PICOTA, PROVINCIA PICOTA - REGIÓN SAN
MARTÍN**

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

Autores:

Bach. Yerson Bacner Córdova Castillo

Bach. Carlofranco Montalvan Rios

Asesor:

Ing. M. Sc. Enrique Napoleon Martínez Quiroz

TARAPOTO-PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL BARRIO CENTRO DEL
DISTRITO DE PICOTA, PROVINCIA PICOTA - REGIÓN SAN
MARTÍN**

Tesis para optar el título profesional de:

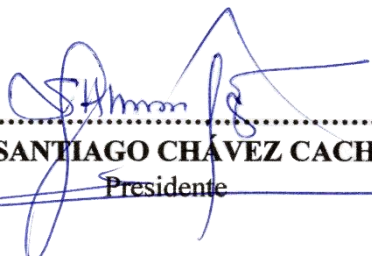
INGENIERO CIVIL

Autores:

Bach. Yerson Bacner Córdova Castillo

Bach. Carlofranco Montalvan Rios

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 19 de diciembre de 2017:


.....
Ing. SANTIAGO CHÁVEZ CACHAY
Presidente


.....
Ing. VÍCTOR H. SANCHEZ MERCADO
Secretario


.....
Ing. MÁXIMO A. VILCA COTRINA
Miembro


.....
Ing. M.sc. ENRIQUE N. MARTÍNEZ QUIROZ
Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **YERSON BACNER CÓRDOVA CASTILLO**, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, en la Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con **DNI N° 71270093**, con la tesis titulada **“ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL BARRIO CENTRO DEL DISTRITO DE PICOTA, PROVINCIA PICOTA - REGIÓN SAN MARTÍN”**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni totalmente ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, con el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 08 de junio del 2018



YERSON BACNER CÓRDOVA CASTILLO
DNI N° 71270093

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

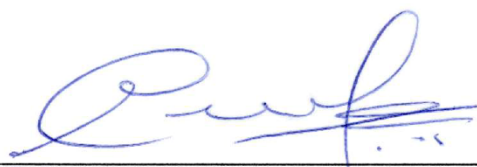
Yo, **CARLOFRANCO MONTALVAN RIOS**, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, en la Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con **DNI N° 70774560**, con la tesis titulada **“ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL BARRIO CENTRO DEL DISTRITO DE PICOTA, PROVINCIA PICOTA - REGIÓN SAN MARTÍN”**

Declaro bajo juramento que:

5. La tesis presentada es de mi autoría.
6. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni totalmente ni parcialmente.
7. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, con el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 08 de junio del 2018



CARLOFRANCO MONTALVAN RIOS
DNI N° 70774560



DECLARACIÓN JURADA

Yo, **YERSON BACNER CÓRDOVA CASTILLO**, identificado con **DNI N° 71270093** domicilio legal en el **JR. ARICA # 421 – MORALES**, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo da responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 08 de junio del 2018



YERSON BACNER CÓRDOVA CASTILLO
DNI N° 71270093

DECLARACION JURADA

Yo, **CARLOFRANCO MONTALVAN RIOS**, identificado con **DNI N° 70774560** domicilio legal en el **JR. FRANCISCO TORRES # 856 – MORALES**, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo da responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 08 de junio del 2018



CARLOFRANCO MONTALVAN RIOS
DNI N° 70774560



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <u>Córdova Castillo Jerson Bacner</u>	
Código de alumno : <u>113168</u>	Teléfono: <u>998510415</u>
Correo electrónico : <u>bacner_20@hotmail.com</u>	DNI: <u>71270093</u>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <u>Ingeniería Civil y Arquitectura</u>
Escuela Profesional de: <u>Ingeniería civil</u>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <u>Zonificación Geotécnica del Barrio centro del distrito de Picota, provincia Picota – Región San Martín.</u>
Año de publicación: <u>2017</u>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

11 / 06 / 2018



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	MONTALVAN RIOS CARLOFRANCO		
Código de alumno :	115230	Teléfono:	914676309
Correo electrónico :	Carlo.28@hotmail.es	DNI:	70774560

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL BARRIO CENTRO DEL DISTRITO DE PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA - REGIÓN SAN MARTÍN
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

11 / 06 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

*** Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado el milagro de la vida y permitirme realizar y cumplir mis metas, y ahora en esta nueva etapa profesional.

A mis padres el Sr. Rodrigo Córdova Peña y la Sra. Elvia Castillo Tantalean; a quienes amo infinitamente; a ellos por su apoyo incondicional y fundamental en los momentos más importantes de mi vida, por sus sabios consejos y por todo ese amor que me pueden dar.

A mis hermanos, Yacson Yonatan Córdova Castillo y Karin Mirey Córdova Castillo, a quienes amo mucho y son parte fundamental de mi vida.

De igual manera a todos mis familiares por sus buenos deseos y la motivación brindada.

A todos ellos dedico esta investigación.

Yerson Bacner Córdova Castillo

Quiero dedicar esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Para mis padres el Sr. Narciso Montalvan Chanzapa y la Sra. Guadalupe Rios Moreno, por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional, quienes con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. Ellos que me enseñaron a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento

A mi hermano, Jimmy Patrice Montalvan Rios, a quien amo infinitamente y siempre intento ser un buen ejemplo para él.

Asimismo, a mis familiares en general. Sé que este momento es tan especial para ustedes como lo es para mí.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

Carlofranco Montalvan Rios

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento sincero a todas aquellas personas que formaron parte de la investigación, y que sin su ayuda no hubiese sido posible la realización de esta tesis

Un especial agradecimiento al Ing. M.Sc. Enrique N. Martínez Quiroz por su apoyo incondicional como asesor y por todas las recomendaciones brindadas para la realización de esta investigación.

A mi compañero y amigo Carlofranco Montalvan Rios por el equipo formado para la realización de la presente investigación.

Y a todas esas personas que me han apoyado a lo largo de mi formación profesional.

A todos ellos de todo corazón: “Muchas Gracias”.

Yerson Bacner Córdova Castillo

Quiero agradecer sinceramente a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis

Especialmente agradezco a mi asesor Ing. M.Sc. Enrique N. Martínez Quiroz por su apoyo, por sus ideas y recomendaciones respecto a esta investigación.

A mi compañero y amigo Yerson Bacner Córdova Castillo porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

Carlofranco Montalvan Rios

ÍNDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	viii
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE PLANOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Exploración preliminar orientando la Investigación	3
1.2.1 Mapa Geológico del Perú.....	3
1.2.2 Rasgos Morfo-estructurales del Territorio Peruano	4
1.2.3 Resumen Geológico y Columnas Estratigráficas.	6
1.2.4 Zonificación Sísmica.....	10
1.3 Aspectos Generales del Estudio	11
1.3.1 Ubicación del Área en Estudio.....	11
1.3.2 Límites del Barrio Centro del Distrito de Picota.....	11
1.3.3 Mapa De Ubicación Del Proyecto.....	11
1.3.4 Acceso al área de estudio	13
1.3.5 Altitud.....	14
1.3.6 Climatología e Hidrología	14
1.3.7 Geografía.....	16
1.3.8 Geología	18
1.3.9 Topografía del área de estudio	18
1.3.10 Características Geológicos - Geotécnicas	18
1.3.11 Hidrografía	18
1.3.12 Aspectos sobre viviendas	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20

2.1	Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema	20
2.1.1	Antecedentes del problema	20
2.1.2	Planteamiento del problema	20
2.1.3	Delimitación del problema	21
2.1.4	Formulación del problema	21
2.2	Objetivos	21
2.2.1	Objetivo General	21
2.2.2	Objetivos Específicos	21
2.3	Justificación de la Investigación	21
2.3.1	Relevancia teórica	22
2.3.2	Relevancia metodológica	22
2.3.3	Viabilidad	23
2.3.4	Relevancia práctica	23
2.3.5	Relevancia social	23
2.4	Delimitación de la Investigación.....	23
2.4.1	Delimitación teórica	23
2.4.2	Delimitación espacial	23
2.4.3	Delimitación temporal.....	24
2.4.4	Delimitación presupuestal	24
2.4.5	Delimitación de uso.....	24
2.5	Marco Teórico.....	24
2.5.1	Antecedentes de la Investigación	24
2.5.2	Fundamentación Teórica de la Investigación.....	28
2.5.3	Marco Conceptual: terminología básica.....	50
2.5.4	Marco Histórico.....	53
2.6	Hipótesis a demostrar.....	54
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		55
3.1	Materiales.....	55
3.1.1	Recursos humanos.....	55
3.1.2	Recursos Materiales	55
3.1.3	Recursos de equipos	56

3.1.4	Otros Recursos	56
3.2	Metodología	57
3.2.1	Universo, Población y Muestra	57
3.2.2	Sistema de Variables	58
3.2.3	Diseño Experimental de la Investigación	58
3.2.4	Diseño de Instrumentos	59
3.2.5	Procesamiento de Información	60
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		87
4.1	Características físicas del suelo.....	87
4.1.1	Características geológicas	87
4.1.2	Clasificación de los suelos	95
4.1.3	Granulometría.....	96
4.1.4	Contenido de humedad.....	97
4.1.5	Densidad aparente y peso volumétrico.....	97
4.1.6	Plasticidad	98
4.1.7	Cohesión.....	98
4.1.8	Ángulo de fricción interna.....	99
4.2	Características mecánicas del suelo	100
4.2.1	Capacidad admisible	100
4.3	Zonificación del área de estudio de acuerdo a las características físicas del suelo.	100
4.4	Zonificación del área de estudio de acuerdo a las características mecánicas del suelo.....	102
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		104
5.1	Análisis de Resultados	104
5.1.1	Exploración de Suelos.....	104
5.1.2	Ensayos de Laboratorio	105
5.2	Discusión de los Resultados.....	107
5.3	Contrastación de Hipótesis	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		109

Conclusiones	109
Recomendaciones.....	112
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	113
ANEXOS.....	115
Anexo 01: Constancia de no duplicidad.....	116
Anexo 02: Autorización municipal.	118
Anexo 03: Estudio de suelos	121
Anexo 04: Panel Fotográfico	239
Anexo 05: Planos	250

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costo de Transporte Tarapoto – Picota.	14
Tabla 2: Parámetros climáticos promedio de picota.....	15
Tabla 3: Conclusiones del Trabajo do Investigación (Alva Hurtado & Lara Montani, 1991).....	25
Tabla 4: Conclusiones del Trabajo de Investigación (Rocha Sandoval, 2010).	26
Tabla 5: Conclusiones del trabajo de investigación (Jiménez Flores, 2010).....	26
Tabla 6: Conclusiones del trabajo de investigación (Villalobos Ríos, 2014).....	27
Tabla 7: Conclusiones del trabajo de investigación (Flores Pinedo, 2015).....	27
Tabla 8: Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi, N’c N’q N’ γ	30
Tabla 9: Clasificación de suelos según Tamaño de partículas	39
Tabla 10: Volúmenes mínimos del hoyo basados en el tamaño máximo de la partícula.	41
Tabla 11: Valores de K para limite líquido unipunto	44
Tabla 12: Estimaciones de precisión de limite líquido.....	44
Tabla 13: Estimación de precisión límite plástico.....	45
Tabla 14: Relación de lotes y dueños donde se realizó los puntos de exploración	63
Tabla 15: Lista y de ubicación exacta de calicatas	65
Tabla 16: Datos obtenidos en el ensayo de densidad in-situ	66
Tabla 17: Datos obtenidos y calculados en el ensayo de densidad in-situ	68
Tabla 18: Datos obtenidos en el ensayo granulométrico	69
Tabla 19: Datos obtenidos y calculados en el ensayo granulométrico	71
Tabla 20: Datos obtenidos en el ensayo de contenido de humedad	73
Tabla 21: Datos obtenidos y calculados en el ensayo de contenido de humedad	74
Tabla 22: Datos obtenidos en el ensayo de peso volumétrico	74

Tabla 23: Datos obtenidos y calculados en el ensayo de peso volumétrico	75
Tabla 24: Datos obtenidos en el ensayo de límite líquido	76
Tabla 25: Datos obtenidos y calculados en el ensayo de límite líquido	77
Tabla 26: Datos obtenidos en el ensayo de límite plástico	78
Tabla 27: Datos obtenidos y calculados en el ensayo de límite plástico	79
Tabla 28: Datos para graficar la recta esfuerzo de corte vs esfuerzo normal	82
Tabla 29: Estratigrafía del suelo	89
Tabla 30: Clasificación de suelos	95
Tabla 31: Distribución granulométrica	96
Tabla 32: Contenido de humedad promedio	97
Tabla 33: Densidad y peso volumétrico	97
Tabla 34: Parámetros de plasticidad	98
Tabla 35: Cohesión	99
Tabla 36: Ángulos de fricción interna	99
Tabla 37: Capacidad admisible	100
Tabla 38: Zonificación de acuerdo a las características físicas del suelo. (Ver plano Z-CF-01)	101
Tabla 39: Zonificación de acuerdo a las características mecánicas del suelo. (Ver plano Z-CM-01)	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuadrángulos Publicados por Boletín a diciembre del 1999.	4
Figura 2: Mapa de unidades Morfo-Estructurales del Perú.	5
Figura 3: Mapa de las Áreas de ubicación de las principales columnas estratigráficas regionales.....	7
Figura 4: Columna Estratigráfica Regional.	9
Figura 5: Zonificación sísmica del Perú.	10
Figura 6: Mapa del Perú y mapa de la Región San Martín.....	11
Figura 7: Mapa de la provincia de Picota.	12
Figura 8: Mapa del distrito de Picota.....	12
Figura 9: Mapa del área de estudio, Barrio Centro del Distrito de Picota.....	13
Figura 10: Precipitaciones del mes de Julio en el distrito de Picota.....	15
Figura 11: Mapa de las regiones Naturales del área de estudio.....	17
Figura 12: Falla por corte general.....	28
Figura 13: Falla por corte local.....	29
Figura 14: Falla por asentamiento.	29
Figura 15: Factores de capacidad de carga para aplicación de la teoría de Terzaghi.	30
Figura 16: Signos convencionales para perfil de calicatas- clasificación AASHTO.	37
Figura 17: Signos convencionales para perfil de calicatas- clasificación SUCS.	38
Figura 18: Estados de consistencia.....	43
Figura 19: Idealización de una masa de suelo antes de deslizarse.	46
Figura 20: Representación de círculo de Mohr – Coulomb.....	47
Figura 21: Definición de la resistencia al corte residual y cohesión.	48
Figura 22: Ubicación de puntos de exploración considerando el tipo de formaciones.	62
Figura 23: Topografía de la zona de estudio.	64
Figura 24: Pronostico del clima distrito de Picota.....	65

Figura 25: Distribución granulométrica del suelo del espécimen de la calicata C – 01.....	72
Figura 26: Diagrama de fluidez.	78
Figura 28: Representación gráfica Desplazamiento Vertical vs Desplazamiento Lateral.....	81
Figura 27: Cuadro resumen de los datos obtenidos del ensayo de corte directo.	81
Figura 29: Representación gráfica de la curva Esfuerzo de corte vs Desplazamiento Lateral.....	82
Figura 30: Representación gráfica del esfuerzo de corte vs esfuerzo normal.	83
Figura 31: Formaciones Geológicas en el área de estudio.	88
Figura 32: Zonificación de las características físicas.	101
Figura 33: Zonificación de las características mecánicas.....	103

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1: Ubicación (**U-01**).

Plano 2: Plano topográfico (**PT-01**).

Plano 3: Plano Catastral del Barrio Centro del distrito de Picota – Picota – San Martín (**CT-01**).

Plano 4: Plano Catastral del Barrio Centro del distrito de Picota – Picota – San Martín (**CT-02**).

Plano 5: Formaciones geológicas y ubicación de calicatas (**FG-U-01**).

Plano 6: Zonificación de las características físicas del Barrio Centro (**Z-CF-01**).

Plano 7: Zonificación de las características mecánicas del Barrio Centro (**Z-CM-01**).

RESUMEN

En este trabajo de investigación se identifica, analiza y evalúa los tipos de suelos que existen en el Barrio Centro del distrito de Picota, logrando determinar las características geotécnicas que ayudaran a realizar la zonificación del área de estudio.

Para realizar el estudio se aplicaron los conceptos fundamentales requeridos en el área de Mecánica De Suelos y Geotecnia, aplicación de la Teoría de Terzaghi, el análisis cartográfico y los respectivos ensayos en el laboratorio de suelos; estos ayudaron a obtener las características fundamentales de los suelos para cumplir los objetivos trazados.

Como resultado en las características físicas, se obtuvo tres tipos de suelos, CL (arcilla de baja plasticidad), CL-ML (limo arcilloso de baja plasticidad) y OH (limo arcilloso orgánico). Y de acuerdo a las características mecánicas con los resultados obtenidos se dividió en tres zonas: Zona III ($0.58 \text{ kg/cm}^2 - 0.68 \text{ kg/cm}^2$), Zona II ($0.81 \text{ kg/cm}^2 - 0.91 \text{ kg/cm}^2$) y la Zona I ($1.01 \text{ kg/cm}^2 - 1.34 \text{ kg/cm}^2$).

La investigación está destinada como guía de fácil manejo para contribuir a una mejor planificación y desarrollo urbano de dicho distrito y del Barrio Centro. También posee información práctica y relevante para posteriores construcciones, con el fin de prever el comportamiento real del suelo, evitando así problemas en las edificaciones, lo cual afectan las estructuras de las viviendas y por ende la calidad de vida de la población; entre otros.

Palabras Claves: Zonas urbanas, Uso de la tierra, Mecánica de rocas, Mecánicas de suelos, Física de suelos.

ABSTRACT

In the following research work is identified, analyzed and evaluated the types of soils that exist in the Barrio Centro district of Picota, managing to determine the geotechnical characteristics that will help to realize the zoning of the study area.

To carry out the study, the fundamental concepts required in the area of Soil Mechanics and Geotechnics, application of the Terzaghi Theory, cartographic analysis and the respective tests in the soil laboratory were applied; these helped to obtain the fundamental characteristics of the soils to meet the objectives set.

As a result of the physical characteristics, three soil types were obtained, CL (clay of low plasticity), CL-ML (clay loam of low plasticity) and OH (clay loam organic). And according to the mechanical characteristics with the results obtained, it was divided into three zones: Zone III ($0.58 \text{ kg/cm}^2 - 0.68 \text{ kg/cm}^2$), Zone II ($0.81 \text{ kg/cm}^2 - 0.91 \text{ kg/cm}^2$) and Zone I ($1.01 \text{ kg/cm}^2 - 1.34 \text{ kg/cm}^2$).

The research is intended as an easy-to-use guide to contribute to better planning and urban development of the district and the Barrio Centro. It also has practical and relevant information for later constructions, in order to anticipate the real behavior of the soil, thus avoiding problems in the buildings, which affect the structures of the dwellings and therefore the quality of life of the population; among others.

Keywords: Urban areas, Land use, Rock mechanics, Soil mechanics, Soil physics.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano acelerado y una planificación limitada, ha hecho que el distrito de Picota, se desarrolle rápidamente, ocasionando que muchos de sus pobladores se asienten en terrenos no adecuados o no aptos para vivir, los mismos que son proclives a los impactos de eventos de origen natural y/o antrópicos ocasionando muchas veces graves consecuencias a su comunidad.

El presente estudio se denomina **Zonificación Geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota, Provincia Picota - Región San Martín**, y surge de la necesidad de tener conocimientos previos de los problemas que puedan presentar los diferentes terrenos a las nuevas obras civiles. El barrio Centro del distrito de Picota se encuentra ubicada al margen izquierdo del río Huallaga, la cual presenta condiciones topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales muy particulares, circunstancia que hace que los proyectos actuales y futuros estén expuestos a problemas de inestabilidad que ponen en peligro vidas y bienes.

Si bien es cierto, los problemas geotécnicos deben estudiarse individualmente, conforme a cada situación particular; el propósito del presente trabajo es sintetizar en mapas geotécnicos, el comportamiento de las diferentes variables zonificadas, basándose en información existente, ya que la práctica de la geotecnia en Picota se ha venido realizando sin una metodología unificada ni una tecnología clara de sus objetivos, datos básicos y contenido. Esta zonificación preliminar nos servirá como una herramienta guía de fácil manejo y que contribuya hacia una mejor planificación y desarrollo urbano del distrito y del Barrio Centro. Para el presente estudio está separado por capítulos los cuales detallamos a continuación:

En el capítulo I, se indican las generalidades, exploración preliminar orientada a la investigación y los aspectos generales del estudio.

En el capítulo II, concretamos el marco teórico, el cual está constituido por los trabajos de investigación que anteceden a nuestro estudio y por la síntesis de las principales teorías que sustentan la propuesta. Asimismo, definimos los objetivos, la justificación y delimitación de la investigación, para poder demostrar la hipótesis planteada.

En el capítulo III, se describen los materiales y la metodología usada en la investigación, así como el universo, la población y muestra del presente trabajo, el diseño experimental, el diseño de instrumentos relacionado a la obtención de la capacidad admisible del suelo.

En el capítulo IV, se indican los resultados obtenidos en cuanto a la obtención de la capacidad admisible del suelo en el Barrio Centro del Distrito de Picota, Provincia de Picota, así como también la elaboración del plano de zonificación, donde se indica por zonas las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

En el capítulo V, se analizan y discuten los resultados obtenidos, en cuanto a la obtención de la capacidad admisible del suelo.

Finalmente, en el capítulo VI, se indican las conclusiones y recomendaciones del presente estudio de investigación.

Finalmente se muestra la bibliografía y los anexos para complementar la información, los cuales muestran los resultados de las pruebas que se les realizaron a las muestras inalteradas obtenidas en campo.

1.1 Generalidades

EL estudio de la Zonificación Geotécnica que se realiza en el Barrio Centro de Picota es de suma importancia para cualquier tipo de obra de Ingeniería Civil que se pretenda ejecutar, por medio de ésta se pueden determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, lo cual hace posible la estimación de la capacidad de carga, los asentamientos, la presión de tierra, etc. Uno de los objetivos más importantes de este estudio es prever los problemas que se puedan presentar en el futuro, a través del conocimiento del comportamiento del suelo. Dicho estudio se puede ser aplicado antes, durante y después de la construcción. En una primera fase se emplea en obras como excavaciones, taludes, entre otros. Durante la construcción de una obra se aplica cuando ocurren problemas de asentamientos y agrietamientos de edificios, pudiendo ser provocados por una baja capacidad de carga del suelo y la presencia de suelos compresibles o sueltos bajo las cimentaciones de la estructura, además el agrietamiento puede ser ocasionado por la presencia de suelos con alto grado de contracción y expansión. En algunas de las construcciones donde ocurren estos problemas, no se elabora un estudio adecuado de Mecánica de Suelos, que proporcione la información necesaria para observar la calidad de los materiales existentes en el lugar, localizando de esta manera puntos críticos en los que se pueden originar problemas durante y después de la

construcción, además de carecer de datos acerca de los suelos subyacentes del lugar y por ende dudas sobre el comportamiento de los mismos.

Es por ello que, antes de realizar una cimentación, el ingeniero buscaba la ubicación de sus obras y generalmente las cimentaba en roca o en suelos más o menos compactos; sin embargo hoy en día, con el incremento de la población, estos lugares se vuelven escasos y se debe construir en zonas donde el suelo en su mayoría muestra condiciones adversas para el apoyo de fundaciones, como también condiciones de riesgo tales como la inestabilidad de laderas, lo que vuelve aún más complejo el problema de cimentaciones para los proyectos, por lo que cada vez se hace más necesaria la puesta en práctica de criterios geotécnicos que encuentran su mayor apoyo en la Mecánica de Suelos y por ende en aquellos datos obtenidos mediante ensayos de campo y laboratorio que conllevan al mejor conocimiento y caracterización de los suelos y con ello su comportamiento.

Cabe mencionar que, con el avance de la tecnología, el equipo y procedimiento utilizado en muchas prácticas ha tenido algunas modificaciones, por lo que se hace necesario conocer las nuevas disposiciones a tomar en cuenta para la realización de éstas, con el fin de que los ensayos se realicen dentro de los estándares propuestos de acuerdo a las Normas ASTM actuales.

1.2 Exploración preliminar orientando la Investigación

Para abordar el tema de la zonificación geotécnica es necesario recopilar información de toda fuente existente que nos ayude a cumplir con nuestro objetivo. Considerando que el Distrito de Picota no cuenta con una zonificación geotécnica, se dio uso del Mapas de Geológico Del Perú, de los Rasgos Morfo estructurales del Territorio Peruano, Resúmenes Geológicos y Columnas Estratigráficas. Todos estos enfocados a nuestra área de estudio.

1.2.1 Mapa Geológico del Perú

Trabajando con la carta Geológica Nacional, observamos que en la Región San Martín cuenta con 30 cuadrángulos y, que el área a estudiar esta en el cuadrángulo 14-k denominado Utcucarca.

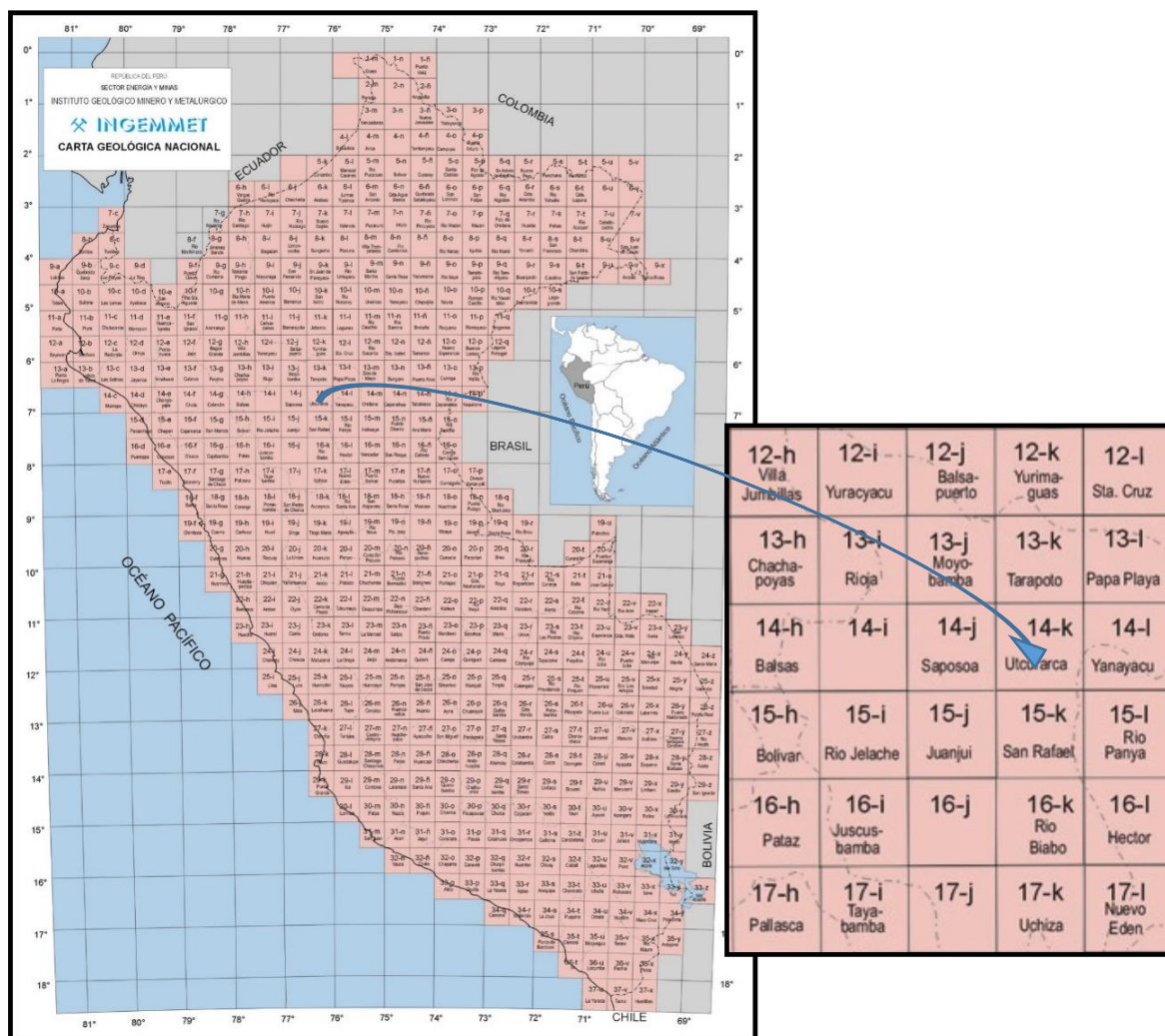


Figura 1: Cuadrángulos Publicados por Boletín a diciembre del 1999. (INGEMMET)

1.2.2 Rasgos Morfo-estructurales del Territorio Peruano

El Territorio Peruano se encuentra en la parte centro-occidental de América del Sur, alineado de noroeste a sureste entre los paralelos 0° y $18^{\circ}20'$ de latitud sur y desde la línea costa hasta la Llanura Amazónica, cubriendo una superficie de 1285215 km².

Desde el punto de vista geográfico y morfo estructurales, la cordillera de los Andes ha sido modelada por la erosión de grandes ríos, formando las cadenas montañosas separadas por valles longitudinales, individualmente denominadas Cordillera de la costa, Costa, Cordillera Occidental, Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llanura Amazónica.

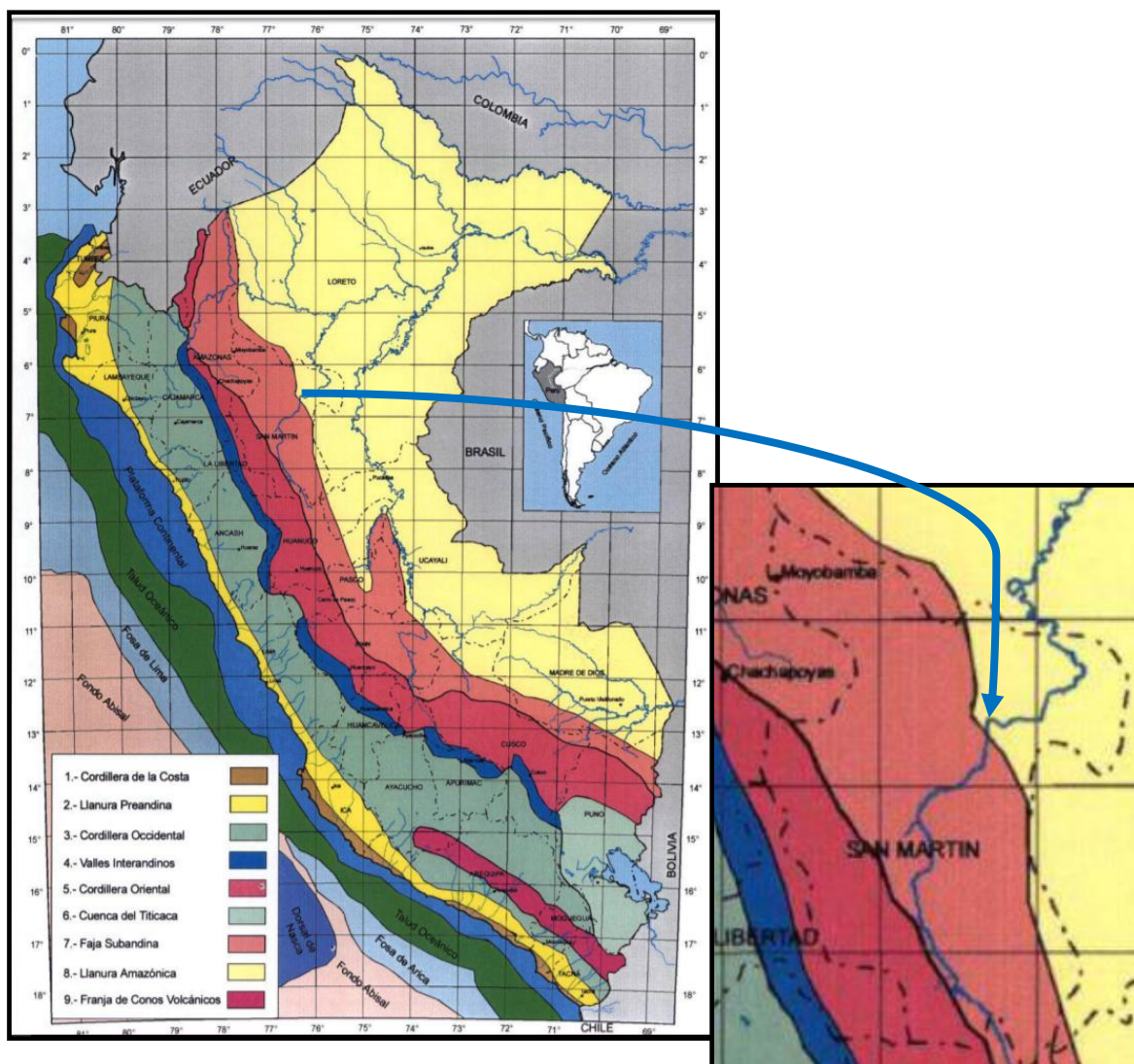


Figura 2: Mapa de unidades Morfo-Estructurales del Perú. (INGEMMET)

Podemos observar en la *Figura 2* que nuestra área de estudio se encuentra ubicada en la Llanura Amazónica y parte de la Faja Sub Andina. Para tener un concepto detallamos que significa cada uno:

La Faja Sub Andina; se ubica entre la Cordillera Oriental y la Llanura Amazónica, a manera de una estrecha cadena de cerros y colinas; cuyas elevaciones van de 400 m.s.n.m. a 1000 m.s.n.m., constituyendo las estribaciones orientales de los Andes. Los afloramientos rocosos son mayormente de sedimentos cretáceos y capas rojas cenozoicas, las cuales han sido afectadas por sobre escurrimientos de grandes magnitudes entre el mioceno y el pleistoceno.

Y la Llanura Amazónica; es de clima cálido y húmedo, que conforma una extensa planicie de amplio desarrollo, cubierta por una exuberante y densa vegetación selvática y surcada por grandes ríos de aspecto meandriforme. La Llanura se caracteriza por estar formada de

una cobertura con sedimentos aluviales cuaternarios, extendidos a manera de una extensa sabana, que cubre a las capas rojas suavemente plegadas y falladas, caracterizando el estilo estructural de bloques compresivos.

1.2.3 Resumen Geológico y Columnas Estratigráficas.

Se tiene que tener en cuenta la importancia que tiene la determinación de la columna estratigráfica en el estudio geológico de nuestra área de estudio, ya que el desconocimiento y la mala aplicación de los criterios de clasificación estratigráfica ocasiona la proliferación de términos informales de las unidades lito estratigráficas. Es por ello que la columna estratigráfica presentada en este ítem no pretende ser inamovible, sino servir de base para nuestra futura investigación de zonificación geotécnica.

A continuación, se presenta el mapa donde se ubica las áreas de las principales columnas estratigráficas regionales. De los cuales tomaremos la Región Huallaga – Bajo Ucayali, el número 11 que está coloreado de color verde, el cual abarca parte de la Región San Martín y como tal nuestra área de estudio, la provincia Picota, se encuentra.

Es así que tendremos una información como base para nuestra zonificación geotécnica, como ya lo mencionamos párrafos anteriores.

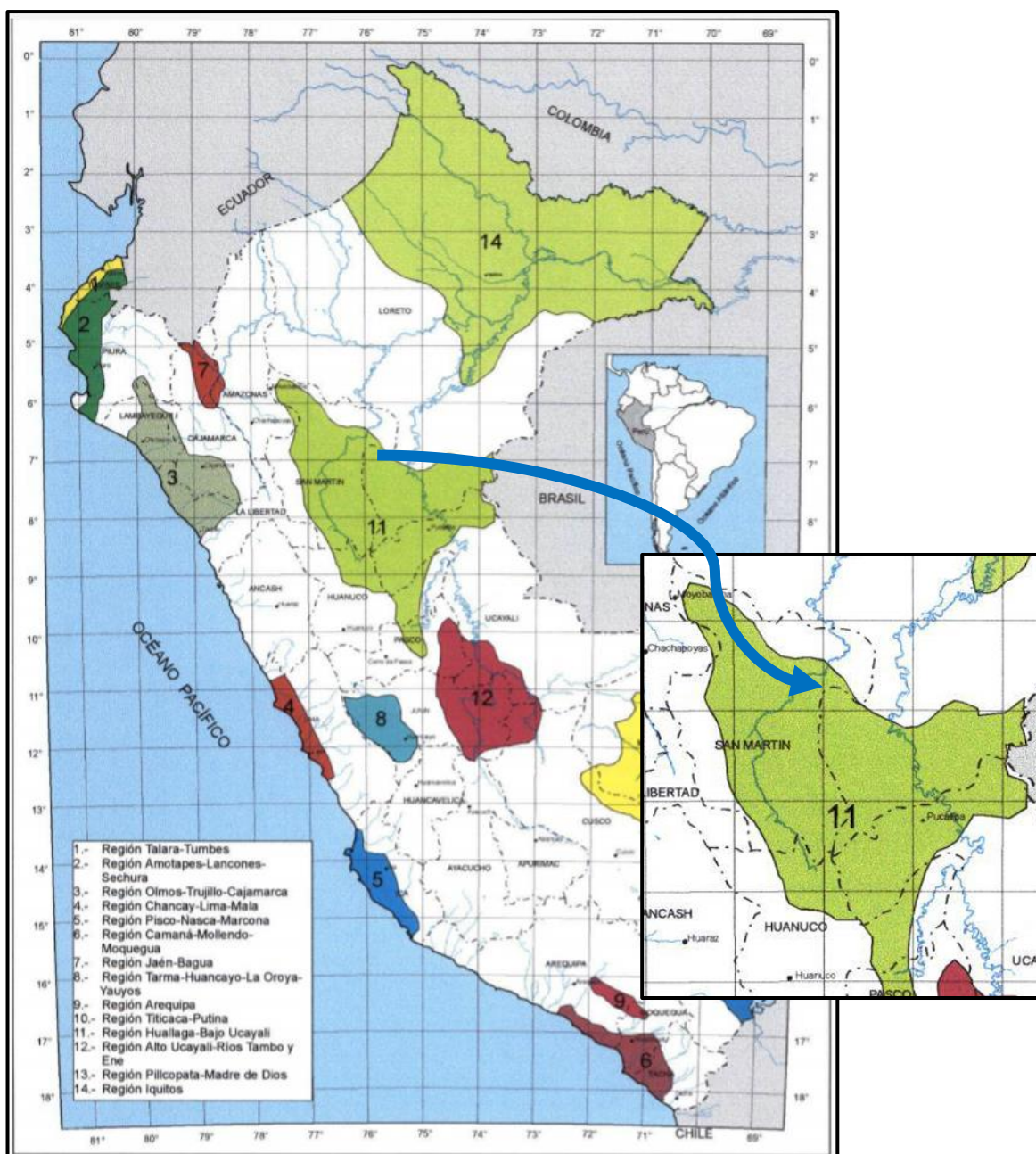


Figura 3: Mapa de las Áreas de ubicación de las principales columnas estratigráficas regionales. (INGEMMET)

1.2.3.1 Características de la Región Huallaga – Bajo Ucayali

1.2.3.1.1 Ubicación

La Región Huallaga – Bajo Ucayali está ubicada en la parte septentrional de la Faja Andina del Perú Central que pertenece a los departamentos de Pasco, Huánuco, San Martín y Ucayali.

1.2.3.1.2 Rasgos morfológicos

Los relieves más elevados se encuentran en la vertiente occidental del río Huallaga configurando el paso de ladera cordillerana a selva alta, lugar donde resalta una cadena de montañas bajas con superficie accidentadas. Luego se ingresa a la unidad de valles que poseen fondo semiplano para continuar a la Llanura Amazónica de Perfiles ondulados.

1.2.3.1.3 Estratigrafía

El substrato metamórfico proterozoico y las rocas meta sedimentarias paleozoicas se extienden en los dominios de la cordillera oriental; infra yaciendo en la Región sub andina a las rocas mesozoicas de litofacies marino carbonatados que se entienden en el intervalo Triásico Superior – Jurásico Inferior (Grupo Pucará) y que a su vez infrayace a las capas rojas del Jurásico Superior (Formación Sarayaquillo). El Cretáceo está representado por secuencias continentales y marinas descritas como Grupo Orientado y Formaciones Chonta y Vivian. Los afloramientos más extensos corresponden a las sedimentitas continentales cenozoicas (formaciones Yahuarango, Pozo, Chambira e Ipururo), asociadas a ambientes de llanura de inundaciones, marino residual – lacustre y estuarios, sobreponiéndose a estos los depósitos fluvioaluviales pleistocénicos (Formación Tulumayo y/o Formación Ucayali) y recientes.

1.2.3.1.4 Rocas ígneas

En el área de Tocache y Pólvora afloran intrusivos granítico leucócratos de posible edad carbonífera, cortados por rocas subvolcánicas (subvolcánico Uchiza) distribuidas en forma de fajas discontinuas.

1.2.3.1.5 Estilo tectónico

En la vertiente oriental se observa fallamiento en bloques afectando al basamento metamórfico. En la región Sub Andina se presentan estructuras de compresión (fallas inversas/lístricas con niveles de despegue en cochas pre mesozoicas) producto de las fases de compresión ocurridas durante la tectónica Andina. En la Llanura Amazónica el estilo estructural pasa al sistema de bloques compresivos.

A continuación, la columna estratigráfica:






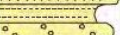



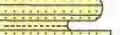
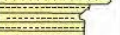
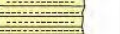

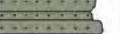








ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GRESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depositos fluviales			Gravas con matriz arenosa y arenas grises a pardo grisáceas y limos. Gravas, arenas y limos grises a gris marrones, restos de plantas
		PLEISTOCENA	Fm. Ucayali			Arenas y limos grises a gris marrones, grava en menor proporción. Conglomerados polimícticos con niveles de limoarcillitas amarillentas a rojizas
			Fm. Tulumayo	100		Disc. eros.
	NEÓGENO	PLIOCENA	Fm. Ipururo	1200		Areniscas líticas y subarcóicas gris claras a marrones de grano grueso a medio, con cemento de caliza espática. Niveles de conglomerados y brechas polimícticas
						Disc. ang.
		MIOCENA	Fm. Chambira	2000 a 1500		Lodolitas abigarradas, predominantemente rojizas, interestratificadas limolitas en estratos gruesos y niveles de areniscas rojas de grano fino.
						
	PALEÓGENO	OLIGOCENA	Fm. Pozo	180		Lodolitas abigarradas, interestratificadas con lutitas gris claras a marrones con niveles de carbón, areniscas tobáceas, limoarcillitas y calizas grises con fósiles marinos.
		EOCENA	Fm. Yahuarango	1000		Lodolitas, areniscas y limolitas rojizas a púrpura. Niveles de venillas de yeso así como concreciones calcáreas y síliceas presencia de algunos niveles de arenisca conglomerádica.
		PALEOCENA				
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. Vivian	290		Areniscas cuarzosas blancas. Lutitas y lodolitas grises fosilíferas con niveles delgados de calizas micríticas. Areniscas cuarzosas blancas.
			Fm. Chonta	500 a 600		Lutitas y lodolitas grises claras a oscuras. Limoarcillitas, margas y calizas gris claras a oscuras.
		INFERIOR	Grupo Oriente	Fm. Agua Caliente	300 a 450	Areniscas glauconíticas gris claras con interestratificaciones de lutitas y limolitas gris oscuras.
				Fm. Esperanza	200	Areniscas cuarzosas blancas grano grueso a fino con algunas interestratificaciones de lutitas, gris oscuras comúnmente carbonosas así como niveles de limolitas amarillentas a púrpuras.
			Grupo Oriente	Fm. Cushabatay	500 a 580	Limoarcillitas gris verdosas y gris oscuras fisibles con interestratificaciones de calizas gris oscuras fosilíferas. Lutitas carbonosas y areniscas glauconíticas.
						Areniscas cuarzosa blancas grano grueso a fino con interestratificaciones de lutitas y limolitas, y algunos estratos delgados de carbón con restos de tallos y hojas.
	JURÁSICO	SUPERIOR	Formación Sarayaquillo	2000		Limolitas y lodolitas rojas a marrones. Areniscas arcóicas líticas y subcuarzosas rojas a marrones de grano subredondeado a redondeado.
		INFERIOR	Grupo Pucará	>200		En las zonas de domos predominan las evaporitas, con interestratificaciones de sedimentitas pelíticas en estratos delgados. Calizas micríticas gris claras a oscuras interestratificadas con limolitas y areniscas, pardo chocolate. Niveles de evaporitas, calizas grises recristalizadas y limolitas bituminosas fosilíferas.
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Grupo Mitu	>200		Disc. ang. Areniscas y lodolitas rojas a púrpura de grano fino con niveles volcánicos
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Copacabana	0 a 600		Calizas y dolomitas grises a negras con nódulos de chert y ocasionales niveles de evaporitas.
	CARBONÍFERO		Grupo Tama	0 a 300		Calizas gris oscuras, fosilíferas.
			Grupo Ambo	0 a 500		granito Areniscas grises, grano medio, arcillosas, limolitas y lutitas grises.
	DEVONIANO		Grupo Cabanillas	0-500		Pizarras y limolitas grises.
	ORDOVICIANO		Formación Contaya	100-600		Disc. ang.
	NEO-PROTEROZOICA		Complejo del Marañón			Esquistos, filitas y gneis

Figura 4: Columna Estratigráfica Regional. (INGEMMET)

1.2.4 Zonificación Sísmica

Para que una edificación sea sismo resistente, se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes, pero todo esto está en función a la capacidad que tiene el terreno de fundación y es por eso que realizar un estudio sobre la zonificación geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota, resulta muy importante para poder hacer obras de ingeniería civil con comportamiento sismo resistente.

Teniendo en cuenta el decreto supremo que modifica la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” Del Reglamento Nacional De Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, Modificada Con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda, se tiene en cuenta que nos encontramos en ZONA 2.

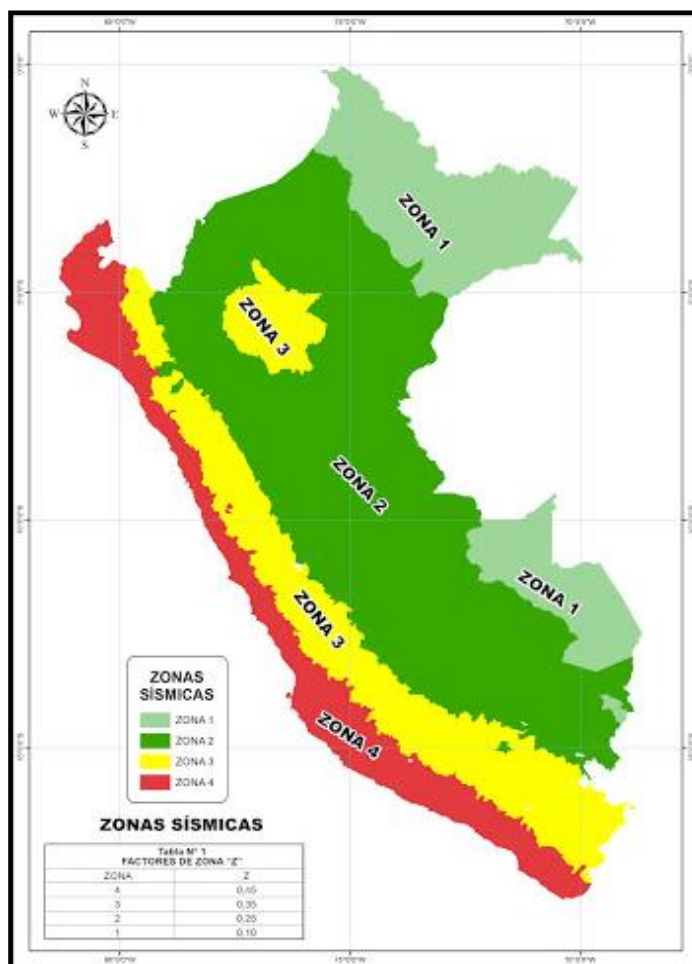


Figura 5: Zonificación sísmica del Perú. (Norma Técnica E. 030: Diseño Sismorresistente)

1.3 Aspectos Generales del Estudio

1.3.1 Ubicación del Área en Estudio

Región : San Martín

Provincia : Picota

Distrito : Picota

Localidad : Picota

1.3.2 Límites del Barrio Centro del Distrito de Picota

Norte : Provincia De Lamas Y Provincia San Martín

Sur : Provincia De Bellavista

Este : Región Loreto

Oeste : Provincia del Dorado.

1.3.3 Mapa De Ubicación Del Proyecto

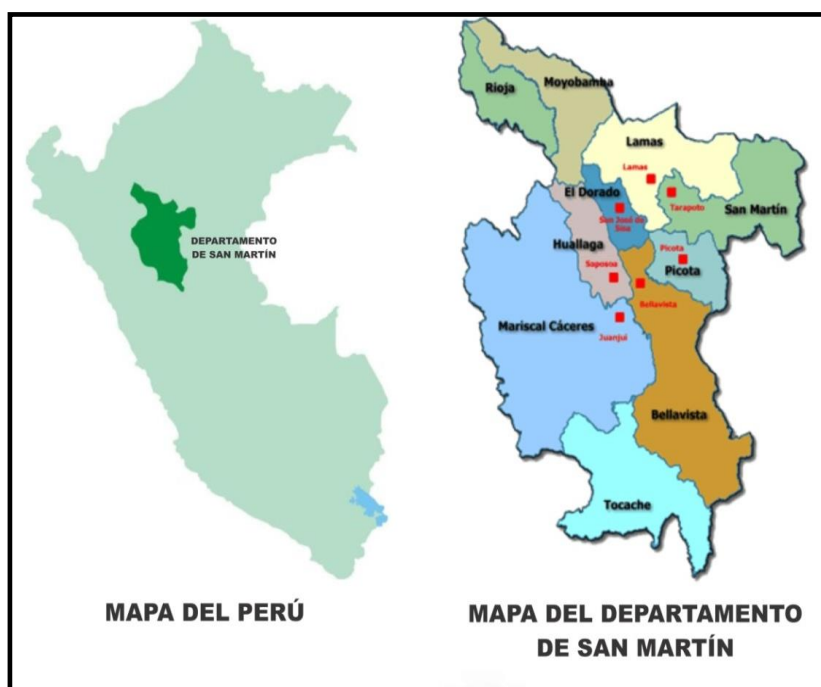


Figura 6: Mapa del Perú y mapa de la Región San Martín. (Google Imágenes)

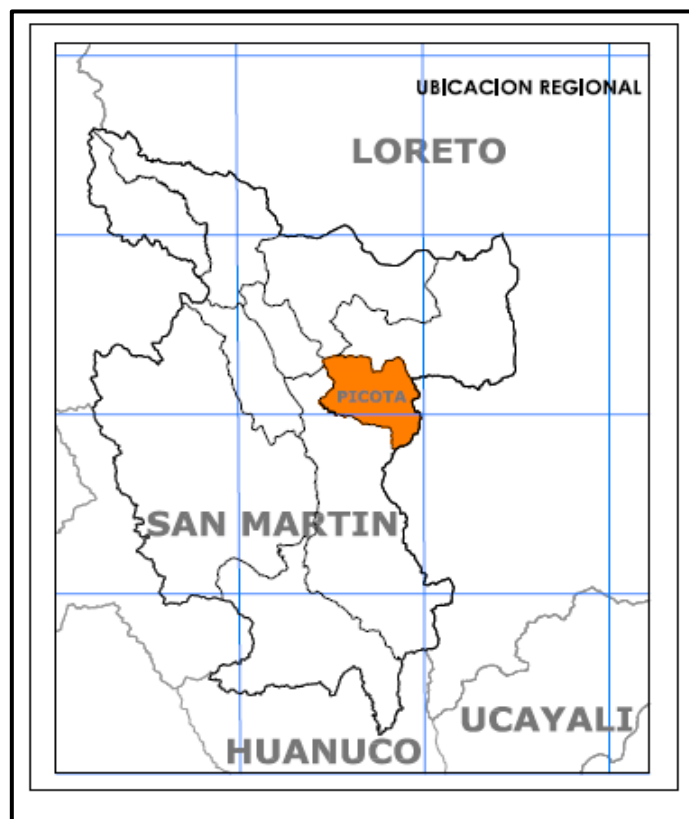


Figura 7: Mapa de la provincia de Picota. (Google Imágenes)



Figura 8: Mapa del distrito de Picota. (Google Imágenes)



Figura 9: Mapa del área de estudio, Barrio Centro del Distrito de Picota. (Plano Catastral MPP)

1.3.4 Acceso al área de estudio

La zona de estudio es accesible por vía terrestre y fluvial.

1.3.4.1 Vía Terrestre

1.3.4.1.1 Carreteras Principales

El principal ingreso al Distrito de Picota se da por vía terrestres; a través de la Carretera Nacional a nivel de asfaltado la carretera Marginal de la Selva “Fernando Belaunde Terry Sur”, en el tramo Tarapoto – Picota, recorriendo una distancia de aproximadamente 60 Km de Tarapoto hasta llegar al Distrito de Picota.

La segunda ruta es a partir de Lima por la carretera central Pasando por la Oroya, Huánuco, Tingo María hasta Pizana, tramo que está asfaltado; desde allí se tiene una carretera afirmada que sigue hasta Juanjui, que desde allí de igual forma recorriendo una distancia de aproximadamente 60 Km. Se llega a nuestra área de estudio.

1.3.4.1.2 Carretera Secundaria

Existen carreteras de segundo orden en un estado de conservación optimo y transitables todo el año, que parten de la carretera marginal, esta es la siguiente:

Ruta por carretera más corta desde Shamboyacu a Picota, la distancia es de 45 Km y la duración aproximada del viaje de 1h 30 min.

Tabla 1:
Costo de Transporte Tarapoto – Picota.

Medio de Transporte	Cabina	Tolva
Combi	8.00	-
Auto	10.00	-
Camioneta	8.00	5.00

Fuente: Autores.

1.3.4.2 Vía Fluvial

El río Huallaga constituye la vía fluvial más importante para la navegación de embarcaciones de pequeña capacidad. A fin de facilitar el transbordo a través del Huallaga, para los pobladores que se van a sus chacras.

1.3.5 Altitud

En la visita a campo que ejecutamos, realizamos una georreferenciación de la zona de estudio obteniendo una altitud media de 223 m.s.n.m. y coordenadas 6°54'49"S; 76°20'02"O, ubicándose en la zona de Selva Centro. Datos obtenidos con un G.P.S.

1.3.6 Climatología e Hidrología

Es imprescindible referirse a la influencia que ejercen los factores climáticos sobre las formas topográficas; tratándose de un área de estudio ubicada en una región tipo Selva Alta, con un relieve abrupto y moderado, e inclusive con valles de ríos meándricos, en donde se encuentra la ciudad de Picota.

La mayor cantidad de datos que respecto a este punto se tiene, deriva de la información recogida en las estaciones hidro-meteorológicas del SENAMHI (Pilluana, Picota, La Unión, Bellavista, Juanjui y otros).

1.3.6.1 Clima

Es muy importante referirse a la influencia que ejercen los factores climáticos sobre las formaciones, tratándose de una región tipo de Selva Centro, con un relieve abrupto y moderado donde se encuentran cadenas montañosas, valles y llanuras.

Es así que basándonos en los planteamientos del Dr. W. Thornthwaite, considera el potencial de humedad, la evapotranspiración y el índice de aridez, se ha logrado diferenciar los tipos de climas que se encuentran en nuestra área de estudio: Seco - Cálido y Semiseco - Cálido

1.3.6.1.1 Precipitación

En concordancia con la información de las estaciones climatológicas, distribuidas en la región, se presenta la distribución de las precipitaciones medias anuales, durante los últimos 20 años. Se observa que hay dos periodos lluviosos, uno entre febrero a mayo y otro de setiembre a diciembre.

Se puede observar en la siguiente imagen las últimas precipitaciones del mes de Julio.

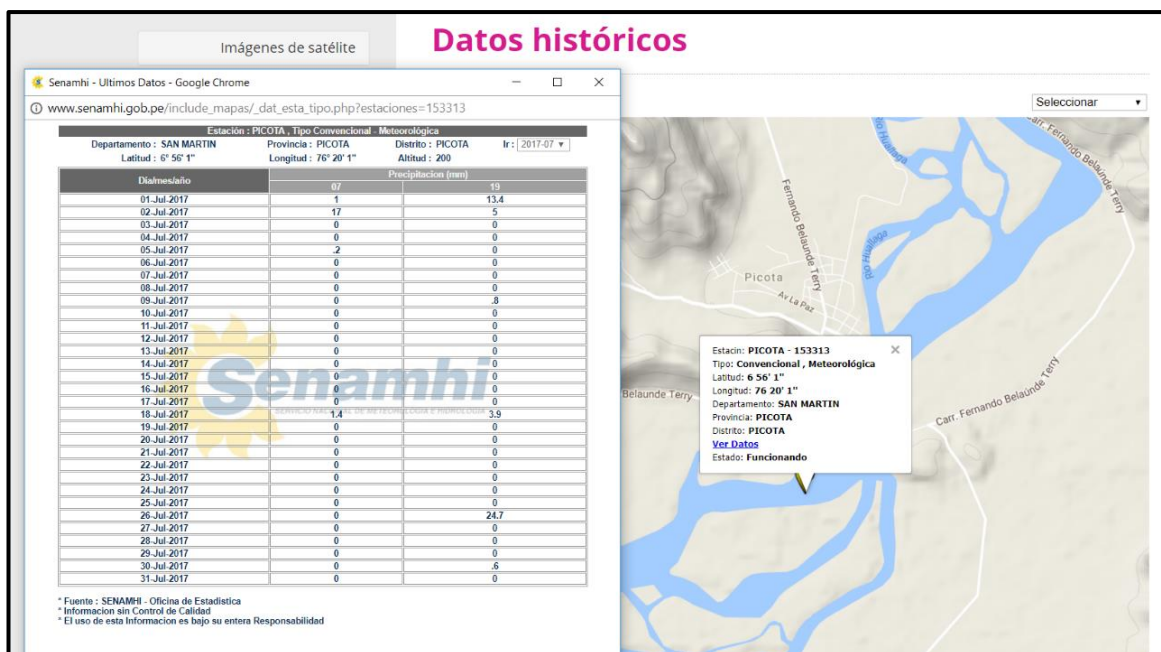


Figura 10: Precipitaciones del mes de Julio en el distrito de Picota. (SENAMHI)

1.3.6.1.2 Temperatura

Una distribución regional de temperaturas medias anuales, producto del intercambio de información topográfica, climática y ocupación del suelo. Se presenta un cuadro donde podemos observar durante todo el año las diferentes temperaturas que alcanza nuestra área de estudio.

Tabla 2:
Parámetros climáticos promedio de picota.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tem. máx. media (°C)	32	31	31	32	32	30.5	31	32	33	32.5	32	31.8	31.8
Tem. mín. media (°C)	22	22	22	22	22	20	19	20	21	22	22	22	21.3

Fuente: Accuweather (compañía de EE.UU. que presta servicios de pronóstico del tiempo).

1.3.6.1.3 Humedad Relativa

Nuestra zona de estudio se encuentra alrededor de 80%, siendo ligeramente mayor entre marzo y agosto, y menor entre Setiembre y febrero.

1.3.7 Geografía

Nuestra área de estudio se encuentra ubicado en la parte noroeste del territorio peruano, entre la región conocida como Selva Alta o Ceja de Selva; la misma que dentro de la zonificación morfo estructural de los Andes Centrales, corresponde a la faja Sub Andina y la Selva Baja o Selva propiamente dicha qué; equivale a decir la Llanura Amazónica.

1.3.7.1 Regiones Naturales

EL distrito de Picota, especialmente nuestra área de estudio, de acuerdo a la clasificación de pisos o regiones naturales, propuesta por Pulgar Vidal, basado esencialmente en la altitud, que está estrechamente relacionada con las características de clima, vegetación y relieve; no obstante, existen algunas variaciones climáticas que tienen efectos diversos, se encuentra la Llanura Amazónica por una parte y la Faja Sub Andina por otra, a pesar de que las altitudes son las mismas.



1.3.8 Geología

Las formaciones geológicas en el Barrio Centro del Distrito de Picota, corresponde a una llanura de inundación, están comprendidas en la era cenozoica y en el sistema cuaternario, son depósitos de Grava, arena, limos de color gris claro a marrones y cremas. De la serie Holocena y Pleistocena. No obstante, en toda la extensión del área estudiada y en la región en general, existe una cobertura in consolidada de suelo residual y orgánico producto de la actividad biológica de la flora y fauna a lo que se suma la actividad Antrópica.

1.3.9 Topografía del área de estudio

El Barrio Centro del Distrito de Picota presenta una topografía plana con presencia de depresiones que evidencian las zonas de lagunamiento (cochas), siendo la parte de los costados, la carretera al Puente Picota, la que presenta mayor altura que las zonas o barrios aledaños.

1.3.10 Características Geológicas - Geotécnicas

Los aspectos geológicos más resaltantes a tomar en cuenta en nuestro estudio son aquellos relacionados con la geomorfología, lito-estratigrafía y la geología estructural en la zona de estudio.

El conocimiento de estos temas permitirá determinar la existencia y el origen de los problemas, el tipo de dificultad, estimar su persistencia en el tiempo, su amplitud, extensión y su evolución, así como la influencia en la seguridad. Sobre esta información se definirá las alternativas de solución más adecuadas.

Para poder realizar el estudio nos hemos basado en la geología Regional y local de la zona de estudio, correlacionando esta información como resultado de los tipos de suelos que se ha encontrado en la zona de exploración, permitiéndonos describir las características físicas y mecánicas, determinar los perfiles estratigráficos cuya información indicada permitirá en la etapa final determinar la capacidad portante de los suelos y sus relaciones con los aspectos geológicos del suelo.

1.3.11 Hidrografía

EL río Huallaga es el drenaje principal de la zona de estudio, que tienen sus nacientes principalmente en la Cordillera Oriental y se desplazan superficialmente de NO a SE dando sus aguas al río Huallaga que se desplaza del S al NO y luego al NE para unirse al río Marañón en la Llanura Amazónica. En general los ríos constituyen una red de drenaje

dendrítica paralela y rectangular controlada por la estructura y en menor grado por la litología.

1.3.12 Aspectos sobre viviendas

En la visita de campo que realizamos, las edificaciones son de adobe, tapial y material noble. Teniendo aproximadamente 50.45% de material noble con cobertura de calamina, 35.80% de adobe y 13.76% de tapial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema

2.1.1 Antecedentes del problema

La importancia del estudio de los suelos hoy en día es fundamental para la prevención de desastres y/o riesgos naturales, el impacto que estos generan en la construcción de nuevos proyectos es sumamente alto, ya que estos sirven como sostén de todo tipo de estructura ya hecha o para futuros proyectos. Las características geotécnicas de los suelos determinaran el comportamiento de este ante la recepción de cargas de una estructura para su posterior disipación hacia el subsuelo.

Tomando en cuenta lo antes mencionado es imprescindible para toda ciudad y/o asentamiento humano un estudio detallado del suelo sobre el cual se asientan, con el fin de conocer algunos valores y parámetros cuyos resultados son de suma importancia; prevenir de forma primaria ciertos riesgos y dar las recomendaciones pertinentes sobre el tipo de suelo que posee dicho lugar para la construcción de nuevas estructuras; brindando seguridad; tanto para los que construyen como para los que van a habitar las nuevas edificaciones.

Por este motivo se realizó la presente Tesis titulada: “Zonificación Geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota, Provincia Picota - Región San Martín”.

2.1.2 Planteamiento del problema

El problema radica en la falta de estudios geotécnicos y/o de zonificación de la ciudad, Picota es una ciudad en pleno desarrollo con un crecimiento rápido, la creación de nuevos asentamientos humanos a las afueras de la ciudad es factor indicativo de que la ciudad está creciendo y necesita un ordenamiento, y parte de este ordenamiento es un estudio geotécnico capaz de brindar información detallada primordial para detectar diferentes tipos de zonas, algunas aptas para la construcción y otras que serán dedicadas a usos recreativos.

La numerosa migración a la que está sujeta en los últimos años el Barrio Centro del Distrito de Picota, la expansión urbana, la afluencia de turistas hacia esta zona, y por el creciente desarrollo que tiene este distrito, ha ocasionado que se requiera la elaboración de un mapa de zonificación geotécnica, información que serviría como herramienta a la población en general y al municipio, no sólo para emitir una licencia de construcción, sino también para aportar los datos necesarios para la construcción de una edificación.

2.1.3 Delimitación del problema

La carencia que tiene la zona de estudio y la cual nosotros hemos planteado es que no cuenta con un Estudio de Zonificación Geotécnica, que comprende factores como la geología, las características físicas y las características mecánicas del suelo los cuales se extienden a lo largo de todo el Barrio Centro del Distrito de Picota, provincia de Picota.

Por motivos de nuestra investigación esta se limitará a resolver los problemas exclusivamente en nuestra zona de estudio debido al gran impacto y crecimiento que presenta esta zona del distrito de Picota.

2.1.4 Formulación del problema

¿De qué manera podemos realizar la zonificación geotécnica en el Barrio Centro del distrito de Picota, Provincia Picota, Región San Martín; con la finalidad de proveer información técnica para la construcción de futuras edificaciones no mayores a dos pisos?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Realizar la zonificación geotécnica de los suelos del Barrio Centro del distrito de Picota según el área delimitada, Provincia Picota – Región San Martín.

2.2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar las características físicas del suelo en el área de estudio.
2. Determinar las características mecánicas del suelo en el área de estudio.
3. Zonificar el área de estudio de acuerdo a las características físicas del suelo.
4. Zonificar el área de estudio de acuerdo a las características mecánicas del suelo.

2.3 Justificación de la Investigación

El sector elegido para la realización de este trabajo presenta problemas críticos de carácter geotécnico como consecuencia de actividades humanas no controladas, principalmente prácticas inconvenientes en el uso y el manejo del suelo y falta de un plan de ordenamiento territorial adecuado. Por ello, la prevención en la planificación urbanística en el plan de ordenamiento de un municipio en crecimiento es esencial, por lo que es conveniente que las entidades competentes de este Municipio utilicen y socialicen los resultados que serán obtenidos de este proyecto y en términos específicos, las zonas que serán delimitadas en la

zonificación geotécnica que se obtendrá en el informe Final. De otro lado, se le recomendará al Municipio ejercer un estricto control urbanístico en los sitios que presenten factores probabilísticos de falla de moderadas a muy altas según el tipo de suelo, y ultimar que en estos lugares definitivamente no es recomendable la construcción de nuevas o futuras edificaciones, por el contrario, ante una vulnerabilidad alta se hará necesario reubicar las viviendas que se hallarán en estos sectores beneficiando a la comunidad y a un correcto crecimiento urbano.

El tipo de construcción local, está principalmente enfocada a industrias, edificaciones y casas, y la falta de inversiones importantes ha permitido que el conocimiento del subsuelo en el casco urbano del Municipio Provincial de Picota no permanezca apoyado en un estudio geotécnico. En Picota, salvo algunas construcciones de importancia, se realizan obras civiles sin respaldo de un estudio de Geotecnia, por ello el casco urbano se asentó de manera desordenada durante muchos años debido a la falta de planificación urbana y a un plan de ordenamiento territorial. Actualmente se encuentran viviendas a pocos metros de la faja marginal del Río Huallaga, Jr. Malecón C-01 al 04 y Jr. Comercio C-01 al 02, el cual son terrenos inundables. El plan de ordenamiento territorial ha determinado el crecimiento hacia sectores donde se desconocen las características geo mecánicas de los suelos. Se requiere entonces elaborar una zonificación geotécnica que como herramienta de trabajo y elemento para la toma de decisiones le permita al Municipio Provincial de Picota ver entre otros aspectos, modificar o alinear parámetros con respecto al plan de ordenamiento territorial y al crecimiento de la ciudad.

Es así que, al notar la importancia de la zonificación geotécnica, tendremos en cuenta algunas relevancias que nos ayudarán a cumplir con nuestra meta de lo más satisfactoriamente, entonces tenemos:

2.3.1 Relevancia teórica

La relevancia se encuentra en el hecho de determinar y conocer de manera objetiva, precisa y científica las propiedades y características que se obtienen de los estudios geotécnicos, nos ayudará a evaluar, clasificar y así poder zonificar el área de estudio.

2.3.2 Relevancia metodológica

La relevancia metodológica se encuentra centrada en el análisis de las pruebas realizadas durante el proceso, se utilizará técnicas y normas de análisis e instrumentos de recolección

de datos. Producto de este análisis se podrá luego identificar las capacidades geotécnicas de cada zona.

2.3.3 Viabilidad

La viabilidad de la investigación acerca del estudio de la zonificación geotécnica está íntimamente relacionada con la disponibilidad de los recursos materiales, económicos, financieros, humanos, tiempo y de información. Para cada uno de estos aspectos hay que hacer un cuestionamiento crítico y realista con una respuesta clara y definida, ya que alguna duda al respecto puede obstaculizar los propósitos de la investigación.

2.3.4 Relevancia práctica

La relevancia práctica que se pretende mediante los datos y resultados obtenidos a través del análisis de las pruebas, convirtiéndose en una referencia para posteriores construcciones, en dichas zonas.

2.3.5 Relevancia social

Esta investigación beneficiará a la Municipalidad Provincial de Picota, a la comunidad en general, y especialmente a los pobladores de dicho sector que quieran cimentar sus edificaciones.

2.4 Delimitación de la Investigación

El presente estudio de investigación se ha delimitado teniendo en cuenta el crecimiento urbanístico del distrito de Picota. La delimitación habrá de efectuarse en cuanto a lo teórico, el tiempo y el espacio, para situar nuestro problema en un contexto definido y homogéneo.

2.4.1 Delimitación teórica

El presente estudio de investigación está delimitado según las bases teóricas planteadas en el presente estudio, en las cuales nos basaremos para realizar los estudios pertinentes; y, en consecuencia, la zonificación geotécnica del área en estudio.

2.4.2 Delimitación espacial

En el presente estudio está delimitado por dos cuadras a la redonda de la plaza de armas del Distrito de Picota, en los cuales formamos una poligonal cerrada, que los lados de la poligonal están dados por: el lado norte Jr. Sucre C-01 al C-05, por el lado sur la carretera al puente Picota, Por el oeste con la Carretera Fernando B. Terry (Tramo Sur) y por el este con la Faja Marginal del Río Huallaga, teniendo así dentro de la poligonal 23 manzanas

destinadas a edificaciones, todas éstas ubicadas en el margen izquierdo del río Huallaga, en el Barrio Centro del distrito de Picota, Provincia Picota - Región de San Martín.

Considerando que el espacio es un elemento tridimensional, entonces también abarca la dimensión de la profundidad, inferimos que la zonificación geotécnica se limita a realizar la exploración a una profundidad máxima de 3.00 m; (*según Boussinesq, para la profundidad mínima de cimentaciones superficiales y considerando un ancho de cimentación en la condición más crítica de 1.00m, a una profundidad mínima de 3.00m la carga se disipa en un orden menor al 10%*); a los cuales conseguiremos estudiar mediante los Pozos de Exploración a Cielo Abierto (Calicatas).

2.4.3 Delimitación temporal

La investigación se realizará en un tiempo máximo de 5 meses, tiempo que implica la planificación, la implementación, trabajo de campo y el reporte de los resultados. Por medio de ésta, se darán aportes que ayudarán a la sociedad durante muchos años, debido a que la formación de suelos naturalmente se realiza después de miles de años.

2.4.4 Delimitación presupuestal

En cuanto a los gastos de la investigación, estamos considerando el presupuesto que se estipule teniendo en cuenta fondos económicos con los que contamos.

2.4.5 Delimitación de uso

El estudio está designado para servir de información técnica y/o de consulta para conocer las características geotécnicas de los suelos del Barrio Centro del distrito de Picota, aplicable para edificaciones no mayores a dos pisos.

2.5 Marco Teórico

2.5.1 Antecedentes de la Investigación

(Marquez, 2012), en su blog hace un importante aporte acerca de la zonificación geotécnica del Distrito Federal - México:

El Distrito Federal se divide en tres zonas con las siguientes características generales

Zona I Lomas: formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona es

frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelo para explotar minas de arena.

Zona II Transición: en esta zona los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre, el espesor de éstas es variables entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III Lacustre: Integrada por potentes depósitos de arcilla altamente comprensible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50m.

(Castro Cuba, Chang, & Salas, 2003), en su trabajo de investigación “Zonificación geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua” concluye lo siguiente:

La geología local del área de estudio muestra que la ciudad de Moquegua se encuentra asentada predominante sobre dos unidades geológicas, constituidas por las formaciones Moquegua Superior y Moquegua Inferior. La primera cubre la mayor parte del área de estudio y está constituida superficialmente por un suelo residual, de un espesor de 5 a 15 m aproximadamente, compuesto por gravas y arenas de compacidad suelta a media y en sectores compactos y cementados. La Formación Moquegua Inferior está conformada por lutitas, areniscas arcósicas, limolitas y arcillas cementadas de color marrón y marrón claro, altamente compactas. Existen además depósitos cuaternarios recientes, los cuales se dividen en depósitos residuales y transportados, estos últimos conformados por suelos coluviales, aluviales y fluviales.

(Alva Hurtado & Lara Montani, 1991), concluye en su investigación denominada "Microzonificación Sísmica de las Ciudades de Moyobamba, Rioja, Soritor, lo siguiente:

Tabla 3:

Conclusiones del Trabajo de Investigación (Alva Hurtado & Lara Montani, 1991)

Zona	Suelo Predominante	Q_{adm.} (kg/cm²)	Nivel Freático.	Periodo	Condición
I	<i>CH-CL</i>	<i>1.0-1.5</i>	<i>>0-6</i>	<i>0.35-0.4</i>	<i>Habitable</i>
II	<i>CL-SC</i>	<i>0.5-1.0</i>		<i>0.4-0.5</i>	

III	<i>SC-CM</i>	<0.5		
IV	<i>SC-CM</i>	-	>0.6	-
V	<i>SM</i>	<0.2	<0.5	$0.45-0.55$

Crítica

Fuente: (Alva Hurtado & Lara Montani, 1991).

(Rocha Sandoval, 2010), concluye en su investigación denominada "Zonificación de la Capacidad Portante del Distrito de Morales", lo siguiente:

Tabla 4:

Conclusiones del Trabajo de Investigación (Rocha Sandoval, 2010).

Zona	Q_{adm} (kg/cm²)	Sp (cm)	Condición
I	0.78	0.81	Habitable
II	1.86	1.57	Habitable
III	1.77	1.63	Habitable
IV*	0.82	4.65	<i>Crítica</i>

* Zona IV $Q_{adm}=0.35\text{kg/cm}^2 \rightarrow Sp < 2\text{cm}$

Fuente: Adaptación (Rocha Sandoval, 2010).

(Jiménez Flores, 2010), concluye en su investigación denominada "Zonificación de la Capacidad Portante del Distrito de la Banda de Shilcayo", lo siguiente:

Tabla 5:

Conclusiones del trabajo de investigación (Jiménez Flores, 2010).

Zona	Suelo Predominante	Q_{adm} (kg/cm²)	Condición
I	<i>SC-CM</i>	0.45	<i>Crítica</i>
II	<i>CH-CL</i>	0.60	Habitable
III	<i>CL-SC</i>	0.58	Habitable

Fuente: Adaptación de los resultados (Jiménez Flores, 2010)

(Villalobos Ríos, 2014), concluye en su investigación denominada "Capacidad Portante del Centro Poblado Las Palmas, Distrito de la Banda de Shilcayo", lo siguiente:

Tabla 6:

Conclusiones del trabajo de investigación (Villalobos Ríos, 2014)

Zona	Suelo Predominante	Q_{adm} (kg/cm²)	Permeabilidad	Condición
I	<i>CH-CL</i>	<i>0.58</i>	<i>Permeable</i>	<i>Habitable</i>
II	<i>CL-SC</i>	<i>0.48</i>	<i>Medianamente</i>	<i>Crítica</i>
III	<i>SC-CM</i>	<i>0.58</i>	<i>Permeable</i>	<i>Habitable</i>

Fuente: (Villalobos Ríos, 2014)

(Flores Pinedo, 2015), concluye en su investigación denominada “Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo de la Localidad de Sauce, Distrito de Sauce, Provincia de San Martín - Región San Martín”, lo siguiente:

Tabla 7:

Conclusiones del trabajo de investigación (Flores Pinedo, 2015)

Zona	Q_{adm} (kg/cm²)	Condición
I	<i>0.65 – 0.70</i>	<i>Habitable</i>
II	<i>0.71 – 0.75</i>	<i>Habitable</i>
III	<i>0.76 – 0.80</i>	<i>Habitable</i>
IV	<i>0.81 – 0.85</i>	<i>Habitable</i>
V	<i>0.86 – 0.90</i>	<i>Habitable</i>
VI	<i>0.91 – 0.95</i>	<i>Habitable</i>
VII	<i>0.96 – 1.00</i>	<i>Habitable</i>
VIII	<i>1.01 – 1.05</i>	<i>Habitable</i>
IX	<i>1.06 – 1.10</i>	<i>Habitable</i>
X	<i>1.11 – 1.15</i>	<i>Habitable</i>
XI	<i>1.16 – 1.21</i>	<i>Habitable</i>

Fuente: (Flores Pinedo, 2015)

2.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación

2.5.2.1 Capacidad de carga admisible - Teoría de Terzaghi

A partir de 1943 Terzaghi extendió la teoría de Prandtl-Reissner hasta hacerla aplicable a los problemas prácticos de la Mecánica de Suelos. La teoría cubre el caso más general de suelos cuya ley de resistencia al esfuerzo cortante queda dada por la expresión:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

Las principales hipótesis hechas por Terzaghi en relación a su teoría, además de la ya mencionada en relación a la sobrecarga lateral, se refieren a la forma de las líneas que limitan las zonas II, que se postula como una espiral logarítmica y a la aceptación de que los estados de esfuerzos en las zonas III pueden considerarse como los correspondientes a estados plásticos pasivos de Rankine; también se acepta que la resistencia al esfuerzo cortante se moviliza simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla.

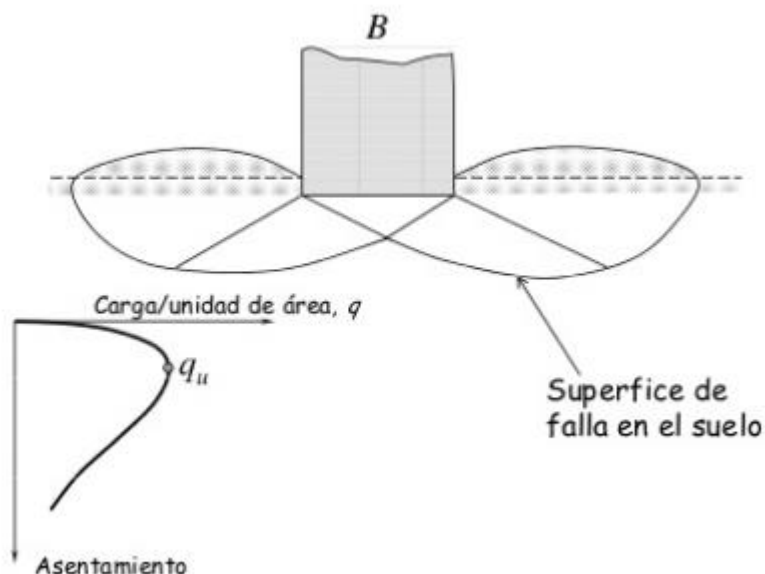


Figura 12: Falla por corte general.
(<https://es.slideshare.net/DanielVegaRomero/capacidad-de-carga-y-asentamientos-de-suelos>)

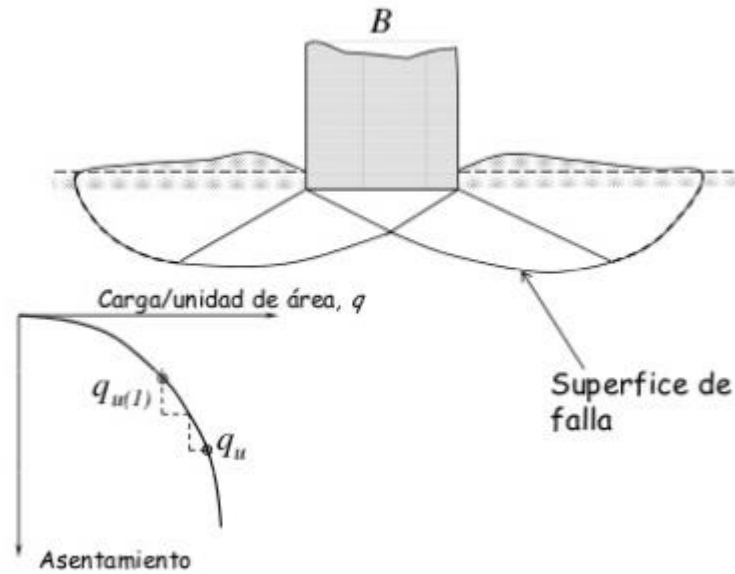


Figura 13: Falla por corte local
(<https://es.slideshare.net/DanielVegaRomero/capacidad-de-carga-y-asentamientos-de-suelos>)

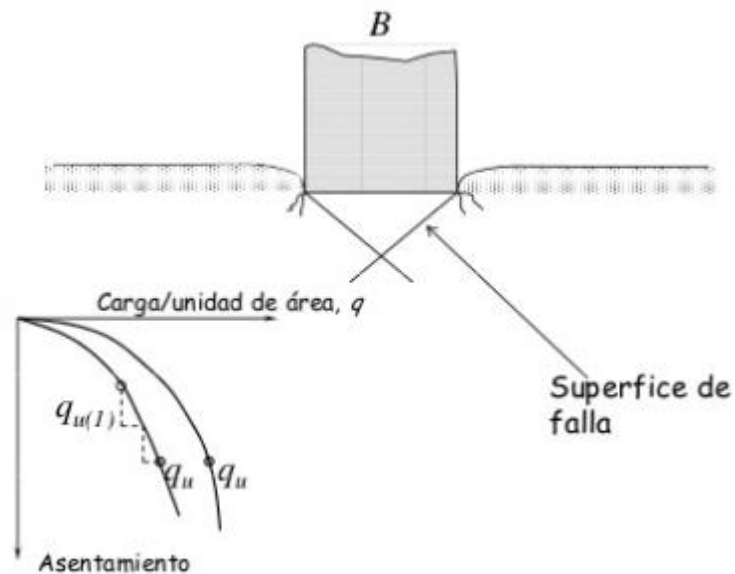


Figura 14: Falla por asentamiento.
(<https://es.slideshare.net/DanielVegaRomero/capacidad-de-carga-y-asentamientos-de-suelos>)

Trabajando matemáticamente su modelo de falla, Terzaghi obtuvo como valor límite de la carga que puede transmitir el cimiento, la expresión: (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005, págs. 23,24,25)

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (2)$$

Para cimentación cuadrada:

$$q_c = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma \quad (3)$$

Para falla de corte local:

$$c' = \frac{2}{3}c \quad (4)$$

$$\tan \varphi' = \frac{2}{3} \tan \varphi \quad (5)$$

La capacidad de carga última respecto a la falla local queda dada por:

$$q_c = \frac{2}{3}cN'_c + \gamma D_f N'_q + \frac{1}{2}\gamma B N'_\gamma \quad (6)$$

La capacidad de carga última para cimentación cuadrada respecto a la falla local queda dada por:

$$q_c = 1.3 \left(\frac{2}{3}c \right) N'_c + \gamma D_f N'_q + 0.4\gamma B N'_\gamma \quad (7)$$

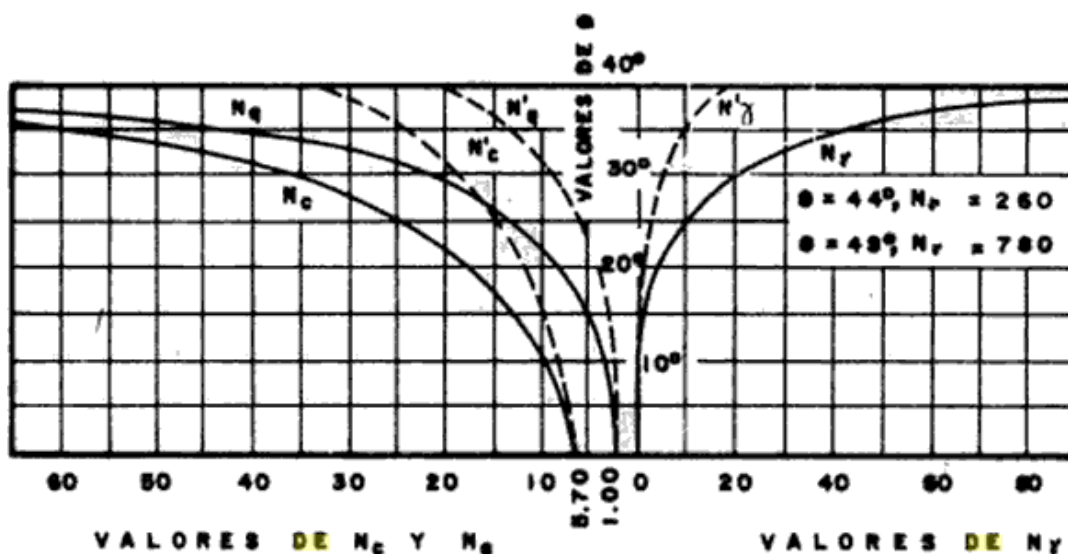


Figura 15: Factores de capacidad de carga para aplicación de la teoría de Terzaghi. (Crespo Villalaz, 2004)

Tabla 8:

Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi, N'_c N'_q N'_γ

Φ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	17	10.90	3.13	0.76	34	23.72	11.67	7.22
1	5.90	1.07	0.005	18	11.36	3.36	0.88	35	25.18	12.75	8.35

2	6.10	1.14	0.02	19	11.36	3.61	1.03	36	26.77	13.97	9.41
3	6.30	1.22	0.04	20	11.85	3.88	1.12	37	28.51	15.32	10.90
4	6.51	1.30	0.055	21	12.37	4.17	1.35	38	30.43	16.85	12.75
5	6.74	1.39	0.074	22	12.92	4.48	1.55	39	32.53	18.56	14.71
6	6.97	1.49	0.10	23	13.51	4.82	1.74	40	34.87	20.50	17.22
7	7.22	1.59	0.128	24	14.14	5.20	1.97	41	37.45	22.70	19.75
8	7.47	1.70	0.16	25	14.80	5.60	2.25	42	40.33	25.21	22.50
9	7.74	1.82	0.20	26	15.33	6.05	2.59	43	43.54	25.21	22.50
10	8.02	1.94	0.24	27	16.30	6.54	2.88	44	47.13	31.34	30.40
11	8.32	2.08	0.30	28	17.13	7.07	3.29	45	51.17	35.11	36.00
12	8.63	2.22	0.35	29	18.03	7.66	3.76	46	55.73	39.48	41.70
13	8.96	2.38	0.42	30	18.99	8.31	4.39	47	60.91	44.45	49.30
14	9.67	2.55	0.48	31	20.03	9.03	4.83	48	66.80	50.46	59.25
15	10.06	2.73	0.57	32	21.16	9.82	5.51	49	73.51	57.41	71.45
16	10.47	2.92	0.67	33	22.39	10.69	6.32	50	81.31	65.60	85.75

Fuente: Según Kumbhojkar (1993)

2.5.2.1.1 Factor de seguridad

El cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales requiere de aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \dots\dots\dots (8)$$

Dónde: q_u , es la capacidad de carga última y FS es el factor de seguridad

(Braja M. Das, 2001) El Factor de Seguridad, tal como se define por la **Ecuación 8** debe ser por lo menos de tres en todos los casos.

2.5.2.2 Geología

(Monroe, Wicander, & Pozo, 2008) La Geología, término formado a partir de las palabras griegas geo y logos, se define como el estudio de la Tierra. Generalmente, se divide en dos grandes áreas: geología física y geología histórica.

La Geología física estudia los materiales de la Tierra, como los minerales y las rocas, así como los procesos que se producen dentro de la Tierra y en su superficie.

La Geología histórica examina el origen y la evolución de la Tierra, sus continentes, océanos, la atmósfera y la vida.

La disciplina de la Geología es tan amplia que se sub- divide en muchos campos o especialidades.

2.5.2.2.1 Eratemas geológicas

La era es una unidad geocronológica que se refiere a un lapso de tiempo extremadamente largo, de millones de años, que abarca importantes procesos geológicos y biológicos. La unidad cronoestratigráfica equivalente es la eratema.

Las eras son subdivisiones de los eones, y han sido definidas a partir de grandes discordancias que señalan el inicio de distintos ciclos orogénicos. Así, el eón Fanerozoico está integrado por tres eras: la Paleozoica, desde 542-251Ma, la Mesozoica, desde 251-65 Ma, y la Cenozoica, desde 65 Ma hasta el presente. A su vez, cada era se divide en varios períodos.

Antiguamente al Paleozoico se lo llamaba «Primario» y al Mesozoico «Secundario», pero esas denominaciones han caído en desuso a favor de denominaciones biológicas, que coinciden con el carácter de los fósiles encontrados en los estratos; sin embargo, se sigue utilizando el término «Terciario» para el Cenozoico, más por costumbre muy arraigada que por precisión terminológica.

Un eratema es una unidad cronoestratigráfica correspondiente al registro estratigráfico total depositado durante el tiempo de duración de una era en la escala de tiempo geológico.

Puede por lo tanto usarse como una unidad cronoestratigráfica de tiempo que define un vasto período de años —menos de un eón, pero más que sus subdivisiones el período, la época y la edad.

2.5.2.2.2 Sistemas geológicos

En el ámbito de la geología, un sistema es una unidad cronoestratigráfica formal de ámbito global, que agrupa todos los conjuntos de rocas formadas en el mismo lapso de tiempo y en las que se distinguen cambios significativos del registro fósil respecto a las depositadas antes y después que ellas; es decir, reflejan cambios mayores en la composición de la fauna y flora

de la Tierra a través del tiempo. El tiempo representado por cada sistema se denomina periodo, la unidad geocronológica equivalente de la escala de tiempo geológico.

Los sistemas se agrupan en eratemas y pueden dividirse a su vez en series y éstas en pisos. El eonotema Fanerozoico está dividido en 12 sistemas (y periodos), que se dividen a su vez en 38 series (y épocas) y 98 pisos (y edades). Para el eonotema Proterozoico no se han podido definir sistemas, debido a lo escaso y reducido de los registros fósil y estratigráfico, aunque sí se han establecido divisiones en periodos mediante unidades cronométricas (valores absolutos en millones de años), sin asociar, por tanto, a unidades cronoestratigráficas equivalentes.

El establecimiento formal de todas estas unidades corre a cargo de la Comisión Internacional de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

2.5.2.2.3 Series geológicas

La serie es una unidad cronoestratigráfica formal que representa el conjunto de rocas formadas durante una época, la unidad geocronológica de la escala de tiempo geológico equivalente. Las series son subdivisiones de los sistemas y se dividen a su vez en pisos. Hay 38 series definidas para el Fanerozoico que se dividen en 98 pisos. Para los sistemas del Precámbrico no se han podido establecer subdivisiones en series debido a lo escaso de su registro fósil.

Como ejemplo: el eratema Cenozoico se divide en tres sistemas: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. El sistema Paleógeno se divide en tres series: Paleoceno, Eoceno y Oligoceno. La serie Paleoceno se divide en tres pisos: Daniense, Selandiense y Thanetiense.

Los límites inferiores de cada sistema se definen por los estratotipos de límite inferior del piso más antiguo de cada uno y el límite superior viene definido por el correspondiente al límite basal del primer piso de la siguiente serie de la escala cronoestratigráfica. Por ejemplo, el límite inferior de la serie Mioceno está definido por el límite inferior del piso Aquitaniense, mientras que el superior lo define la base del piso Zancleense, primero de la siguiente serie, el Plioceno.

Algunas series tienen un nombre derivado de una localidad o área (como Lopingiense o Guadalupiense), otras de las características generales de la fauna que vivió durante el tiempo de formación de la serie (como Paleoceno o Eoceno), sin embargo, la mayoría de los nombres responde simplemente a la posición relativa dentro de su sistema (como Jurásico inferior o Devónico medio). Los nombres de las épocas reciben el mismo nombre que la

serie equivalente, salvo que los nombres de series derivados de su posición relativa como inferior, medio y superior se trasladan a las épocas como temprano, medio y tardío (por ejemplo, la serie Cretácico superior es equivalente a la época Cretácico tardío).

2.5.2.2.4 Unidades lito-estratigráficas

(INDECI, 2004) Según el estudio realizado por el Instituto Nacional De Defensa Civil describe a cada una de estas formaciones.

2.5.2.2.4.1 Grupo Pucará (Trji-pu)

Este grupo pertenece a la era Mesozoica del sistema Triásico Superior, que está compuesta por caliza gris oscura de textura micrítica algunos niveles recrystalizados y niveles con Paleofauna marina, morfológicamente está expuesta en el núcleo del Anticlinal del río Pauya.

2.5.2.2.4.2 Formación Sarayaquillo (Js-s)

Esta formación pertenece al jurásico Superior y está compuesto por areniscas rojas macizas de grano medio a grueso, presenta niveles de conglomerados, limo arcillas y lodolitas grises. Esta formación se ubica en la región de Contamana en el río Sarayaquillo.

2.5.2.2.4.3 Grupo Oriente (Ki)

Este grupo pertenece al Cretáceo inferior y se incluyen las formaciones Cushabatay, Esperanza, Agua Caliente. Morfológicamente, constituyen colinas y montañas alargadas e irregulares con suelos arenosos de colores blanquecinos, generalmente forman suelos de naturaleza ácida.

2.5.2.2.4.3.1 Formación Cushabatay (Ki-c)

Esta Formación está compuesta de una estratigrafía sesgada de areniscas blancas, meteorizadas a color amarillento, de grano grueso a medio y módulos de pirita.

2.5.2.2.4.3.2 Formación Esperanza (ki-e)

Esta Formación es una unidad de amplia distribución en la cuenca del Ucayali. Compuesta por una estratificación de Limo arcillas gris oscuro, láminas de areniscas finas y horizontes calcáreos, nódulos de piritas y pelitas.

2.5.2.2.4.3.3 Formación Agua Caliente (Ki-ac)

A esta Formación se lo describe como una secuencia de areniscas escarpadas y macizas, que afloran en el Oriente Peruano, tienen una estratificación sesgada, intercalada con láminas de arcilla.

2.5.2.2.4.4 Formación Chonta (Kis-ch)

Esta Formación pertenece al Sistema Cretáceo Inferior – Superior, presentando una secuencia litológica de calizas, margas y lodolitos de aspecto limo arcilloso, los niveles medios presentan abundante Paleofauna marina.

2.5.2.2.4.5 Formación Vivian (Ks-V)

Esta Formación pertenece al Sistema Cretáceo Superior. Está compuesta por areniscas blancas macizas friables los niveles inferiores están intercaladas con niveles pelíticos.

2.5.2.2.4.6 Formación Cachiyacu – Huchpayacu

Esta Formación pertenece al Cretáceo Superior. Está compuesta por limo arcillas, carbón, lodolitas grises, rojas y niveles fosilíferos. Sus afloramientos se restringen a los cuadrángulos de Cushabatay e Inahuaya, donde presenta morfología suave.

2.5.2.2.4.7 Formación Casa Blanca

Esta Formación pertenece al Cretáceo Superior, se presenta en la región alta del río Cushabatay, litológicamente está conformada por una secuencia de areniscas deleznales blanquecinas bien clasificadas, intercaladas con limo arcillitas gris oscura.

2.5.2.2.4.8 Formación Yahuarango (P-y)

Esta Formación pertenece al Paleógeno – Neógeno. Litológicamente dicha unidad está constituida por arcillas limosas rojas púrpuras, grises y negras alternadas con arcillas grises blanquecinas, así mismo areniscas pardas rojizas. Está distribuida en el cuadrángulo de San Rafael, donde se expone en la parte central de los anticlinales como el de Ponacillo y Biabo, en la localidad de Shambuyacu.

2.5.2.2.4.9 Formación Pozo (P-p)

Esta Formación pertenece al Paleógeno – Neógeno. Litológicamente dicha unidad está constituida por areniscas blandas salobres deleznales, intercaladas con láminas de arcillas y calcáreas.

2.5.2.2.4.10 Formación Chambira (PN-ch)

Esta Formación pertenece al Paleógeno – Neógeno. Esta formación tiene amplia distribución en el cuadrángulo de San Rafael. Se expande a lo largo de Sinclinales y Anticlinales del Ponacillo. La litología que presenta son lodolitas rojas y areniscas pardas claras de grano medio a fino intercaladas con arcillas limosas abigarradas, infrayaciendo a una secuencia de areniscas pardas, de grano medio, bien consistentes. También es frecuente observar niveles o venillas de yeso asociados con las lodolitas rojas.

2.5.2.2.4.11 Formación Ipururo (N-I)

Esta Formación pertenece al Paleógeno – Neógeno. Litológicamente dicha unidad está constituida por areniscas marrones macizas, friables de grano grueso a medio, intercaladas por limo arcillas y lodolitas gris verdosas y algunas rojizas a beige, conglomerados en los niveles superiores.

2.5.2.2.4.12 Formación Ucayali (NQ-UL)

Esta Formación pertenece al Cuaternario-Inferior. Esta unidad está expuesta mayormente a lo largo de la cuenca del Ucayali y a lo largo del río Biabo que desemboca en el río Huallaga. Litológicamente dicha unidad está compuesta por limo arcillas rojas a grises, alternadas con areniscas claras deleznales y horizontes de conglomerados y fósiles.

2.5.2.2.4.13 Depósitos Aluviales Lacustres (Qh-al. L)

Fueron producidos por inundaciones o antiguos cursos de ríos caudalosos que dejaron lagunas con una Suave alimentación de desfogue. Litológicamente esta unidad está formada con limos finos formando biosuelos, aguajales y bofedales. Estos depósitos pertenecen al Cuaternario.

2.5.2.2.4.14 Depósitos Aluviales (Qh-al)

Estos depósitos pertenecen al cuaternario. Litológicamente formado por arenas, arenas y clásticos sub angulosos poco consolidados.

2.5.2.2.4.15 Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Estos depósitos pertenecen al Cuaternario. Litológicamente formado por gravas y arenas, algo sub redondeados intercaladas con arcillas.

2.5.2.3 Sistema de Clasificación de suelos

Un sistema de clasificación de los suelos, es una agrupación de esto con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. Son tantas las propiedades y combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de ingeniería para la cual se desarrollaron, por consiguiente, sólo se explicarán las clasificaciones empleadas en obras viales. (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, págs. 1159-1161)

2.5.2.3.1 Sistema AASHTO

El Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras Posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como sistema AASHTO y recientemente AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un “índice de grupo”.

Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0.

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		




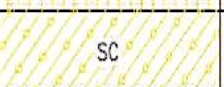




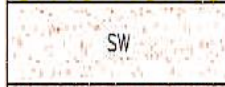
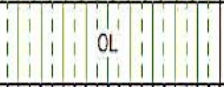


Figura 16: Signos convencionales para perfil de calicatas- clasificación AASHTO. (AASHTO)

2.5.2.3.2 Sistema unificado de clasificación

El sistema desarrollado por el Dr. Arturo Casagrande utiliza la textura para dar términos descriptivos.

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción en ingeniería. La base de la clasificación de suelos está en las siguientes propiedades:

1. Porcentaje de grava, arena y finos (fracción que pasa por el tamiz N° 200)
2. Forma de la curva de distribución granulométrica.
3. Características de plasticidad y compresibilidad.

	GW	Gravas bien mezclada arena, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.		SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	GP	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino.		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosa.
	GM	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.		ML	Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de rocas, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas negras.
	SW	Arena bien graduada, arenas con grava, poco o nada de material fino. Arenas limpas poco o nada, amplia variación en tamaño granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.		OL	Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	SP	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.		MH	Limo inorgánico suelos finos granosos o limosos, micáceos o diatomáceos, limos elásticos.



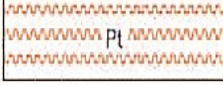
	CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.
	OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos.
	Pt	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Figura 17: Signos convencionales para perfil de calicatas- clasificación SUCS. (Sistema de clasificación SUCS)

2.5.2.4 Características físicas de los suelos

2.5.2.4.1 Granulometría

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor

máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que la sigue correlativamente. (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005, pág. 24)

2.5.2.4.1.1 Ensayo: Análisis granulométrico por tamizado (procedimiento)

Cálculos

Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N.º 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100.. (9)$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots\dots\dots (10)$$

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \dots\dots\dots (11)$$

(MTC, Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, 2013, pág. 36) El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 9:
Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
	Arena gruesa	4.75 mm – 2.00 mm
Arena	Arena media	2.00mm – 0.425mm
	Arena fina	0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, 2013, pág. 36)

2.5.2.4.2 Contenido de humedad

La humedad es la relación del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa de suelo, expresada, generalmente, en porcentaje.

El contenido de humedad se determina pesando una muestra representativa del suelo en su estado húmedo, secando luego dicha muestra a peso constante en un horno a una temperatura de 100 a 110°C y pesándola después. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra. Este peso del agua expresado como porcentaje del peso seco de la muestra proporciona el contenido de humedad. El contenido de humedad del suelo puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado y variable cuando está completamente saturado. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 64)

2.5.2.4.2.1 Ensayo: Contenido de humedad (procedimiento)

Cálculos (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, págs. 49-53)

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100 \quad \dots\dots\dots (13)$$

Dónde: W = es el contenido de humedad (%), MCWS = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos, MCS = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos, Mc = es el peso del contenedor, en gramos, MW = es el peso del agua, en gramos, MS = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.

2.5.2.4.3 Densidad Aparente y peso volumétrico

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos. La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C. Así pues, en un suelo, la densidad relativa del mismo se define como la relación de la densidad absoluta o aparente promedio de las partículas que constituyen el suelo, a la densidad

absoluta del agua destilada, a 4°C, que tiene un valor de 1 g/cm³. Se acostumbra expresar la densidad absoluta en gramos masa por centímetro cúbico, y la densidad relativa queda expresada por un número abstracto. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 42)

Se denomina peso volumétrico de un suelo (γ) al peso de dicho suelo contenido en la unidad de volumen, y generalmente se expresa en kg/m³. Se denomina peso volumétrico seco y suelto de un suelo al peso volumétrico aparente de él, tomando el peso del mismo previamente cuarteado y secado en un horno a peso constante. El peso Volumétrico aparente se refiere al considerar el volumen de los vacíos formando parte del suelo. Para determinar el peso volumétrico seco y suelto de un suelo se coloca el material —que ha sido cuarteado y secado dentro de un recipiente de volumen conocido, llenándolo y enrasándolo, sin apretarlo, con una regla. Inmediatamente se pesa, y restando el peso del recipiente se obtiene el peso del material. que dividido entre el volumen del recipiente proporcionará el dato de peso volumétrico seco y suelto ($\gamma_{s.s.}$) del suelo. La principal aplicación de este dato está en la conversión de pesos de material a volúmenes y viceversa. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 41)

2.5.2.4.3.1 Ensayo: Método del reemplazo de arena

Tabla 10:

Volúmenes mínimos del hoyo basados en el tamaño máximo de la partícula.

Tamaño máximo de la partícula		Volumen mínimo del orificio de ensayo	
Pulgada	mm	cm ³	pies ³
½	12.5	1420	0.050
1	25.0	2120	0.075
2	50.0	2830	0.100

Fuente: (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016)

Cálculos: (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, págs. 133-141)

Cálculo de el volumen del orificio de prueba:

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_1} \dots\dots\dots (14)$$

Dónde: V = volumen del orificio de prueba, cm³. M₁ = masa de la arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y plato de base, g, M₂ = masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato de base, g, ρ_1 = densidad del volumen de la arena, g/cm³.

Cálculo de la masa seca del material extraído del orificio de prueba:

$$M_4 = \frac{100 \times M_3}{W + 100} \dots\dots\dots (15)$$

Dónde: W = contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba, %, M₃ = masa húmeda del material del hueco de ensayo, g, M₄ = masa seca del material del hueco de ensayo, g.

Cálculo de la densidad húmeda y seca in-situ del material ensayado:

$$\rho_m = M_3/V \dots\dots\dots (16)$$

$$\rho_d = M_4/V \dots\dots\dots (17)$$

Dónde: V = volumen del orificio de prueba, cm³, M₃ = masa húmeda del material del orificio de prueba, g, M₄ = masa seca del material del orificio de prueba, g, ρ_m = densidad húmeda del material probado, o su peso unitario húmedo γ_m, en g/cm³ ρ_d = densidad seca del material probado, o su peso unitario seco γ_d, en g/cm³.

Precisión:

Establecimiento de la Precisión – Debido a la naturaleza del suelo o de los materiales rocosos que se probaron mediante este método, aún no es posible, o en todo caso sería muy costoso en estos momentos, producir especímenes múltiples que tengan propiedades físicas uniformes. Cualquier variación que se observe en los datos es sólo una probabilidad que se debe a la variación del espécimen o al operador, o una variación de la prueba de laboratorio.

Dispersión:

Establecimiento de la Confiabilidad – No existe un valor de referencia aceptado para este método de ensayo, por lo tanto, la confiabilidad no puede ser determinada.

2.5.2.4.3.2 Ensayo: Determinación del peso volumétrico.

Cálculos: Según la norma ASTM D – 2937

Cálculo del peso volumétrico se realizará de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\text{peso del suelo humedo}}{\text{volumen del molde}} \dots\dots\dots (18)$$

2.5.2.4.4 Plasticidad

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las

épocas. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia (ver figura 18). (Crespo Villalaz, 2004, pág. 69)

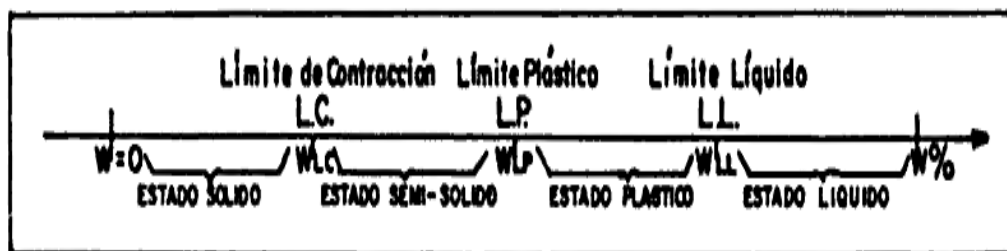


Figura 18: Estados de consistencia. (Crespo Villalaz, 2004)

2.5.2.4.4.1 Límite líquido

El límite líquido (LL) se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 70)

2.5.2.4.4.1.1 Ensayo para determinar el límite líquido (Procedimiento)

Cálculos (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, págs. 67-71)

Multipunto

Representar la relación entre el contenido de humedad, W_N , y el número de golpes correspondientes, N , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.

Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

Un punto

Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW_N \dots\dots\dots (19)$$

Dónde: N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad, Wn = Contenido de humedad del suelo, K = factor dado en la Tabla 3.

Tabla 11:

Valores de K para limite líquido unipunto

N (número de golpes)	K (factor de límite líquido)
20	<i>0.974</i>
21	<i>0.979</i>
22	<i>0.985</i>
23	<i>0.990</i>
24	<i>0.995</i>
25	<i>1.000</i>
26	<i>1.005</i>
27	<i>1.009</i>
28	<i>1.014</i>
29	<i>1.018</i>
30	<i>1.022</i>

Fuente: (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016)

Tabla 12:

Estimaciones de precisión de limite líquido

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple	<i>0.8</i>	<i>2.4</i>
Precisión multilaboratorio	<i>3.5</i>	<i>9.9</i>

Fuente: (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016)

Precisión

El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

Dispersión

Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

2.5.2.4.4.2 Límite plástico

(Crespo Villalaz, 2004, pág. 77) El límite plástico (LP) se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

2.5.2.4.4.2.1 Ensayo para determinar el límite plástico (Procedimiento)

Cálculos (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, págs. 72-75)

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la *Tabla 13* para la precisión de un operador.

Tabla 13:

Estimación de precisión límite plástico

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple	0.9	2.6
Precisión multilaboratorio	3.7	10.6

Fuente: (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016)

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Limite plastico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (20)$$

Precisión

El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la *Tabla 13*.

Dispersión

Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

2.5.2.4.3 Índice de plasticidad

Se denomina índice de Plasticidad o Índice Plástico (IP) a la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos.

Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 78)

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots (21)$$

2.5.2.4.5 Fricción interna y cohesión

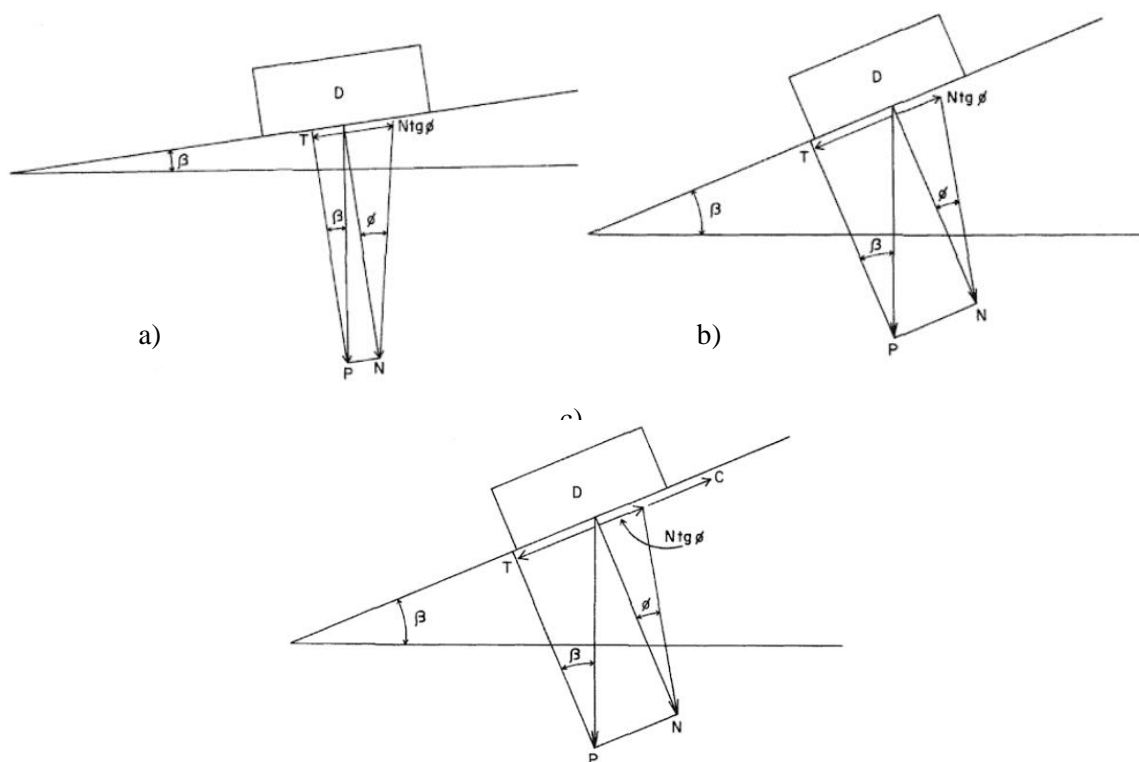


Figura 19: Idealización de una masa de suelo antes de deslizarse. (Dal-Re Tenreiro, 2001)

Si en lugar de la tabla y el cuerpo D, suponemos que el plano inclinado y el cuerpo están compuestos por un mismo tipo de suelo con un determinado contenido de humedad, inferior al LP, y que no existe separación real entre ellos, sino que forman un mismo cuerpo, se podrá aplicar el razonamiento anterior, llegando así en el equilibrio a la ecuación que Coulomb formuló a finales del siglo XVIII, que determina la resistencia del suelo al esfuerzo del corte.

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \theta \dots\dots\dots (22)$$

En donde θ representa el ángulo de rozamiento interno del suelo, pues, como se ha visto, era el ángulo de rozamiento entre el cuerpo D y el plano de deslizamiento, que al ser del mismo suelo entre sí es el de su fricción interna, y c es también la cohesión propia, para un determinado grado de humedad. Hemos de hacer notar que el supuesto del deslizamiento del cuerpo D, establecido para deducir la fórmula de Coulomb, en el caso de un suelo formando un todo con el plano inclinado, es meramente didáctico ya que, en realidad, tal deslizamiento no se verificará, en general, por un plano sino por una superficie curva. (Dal-Re Tenreiro, 2001, págs. 32-34)

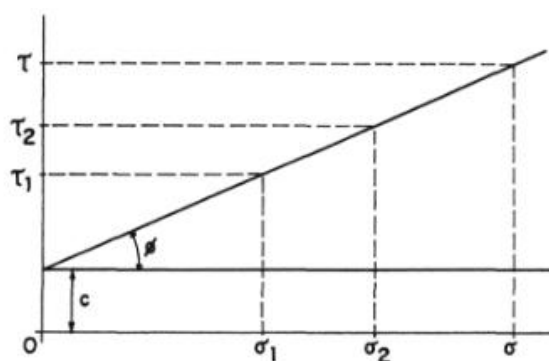


Fig. 1.7.5.

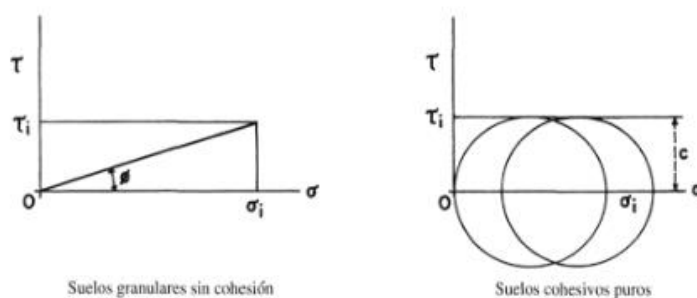


Figura 20: Representación de círculo de Mohr – Coulomb. (Dal-Re Tenreiro, 2001)

2.5.2.4.5.1 Ensayo de corte directo

Cálculos: (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, págs. 167-174)

Contenido inicial de humedad.

Peso unitario seco inicial y peso unitario húmedo inicial.

Esfuerzos de corte.

Relación de vacíos antes y después de la consolidación y después del ensayo de corte, si se desea.

Los grados de saturación inicial y final, si se desea.

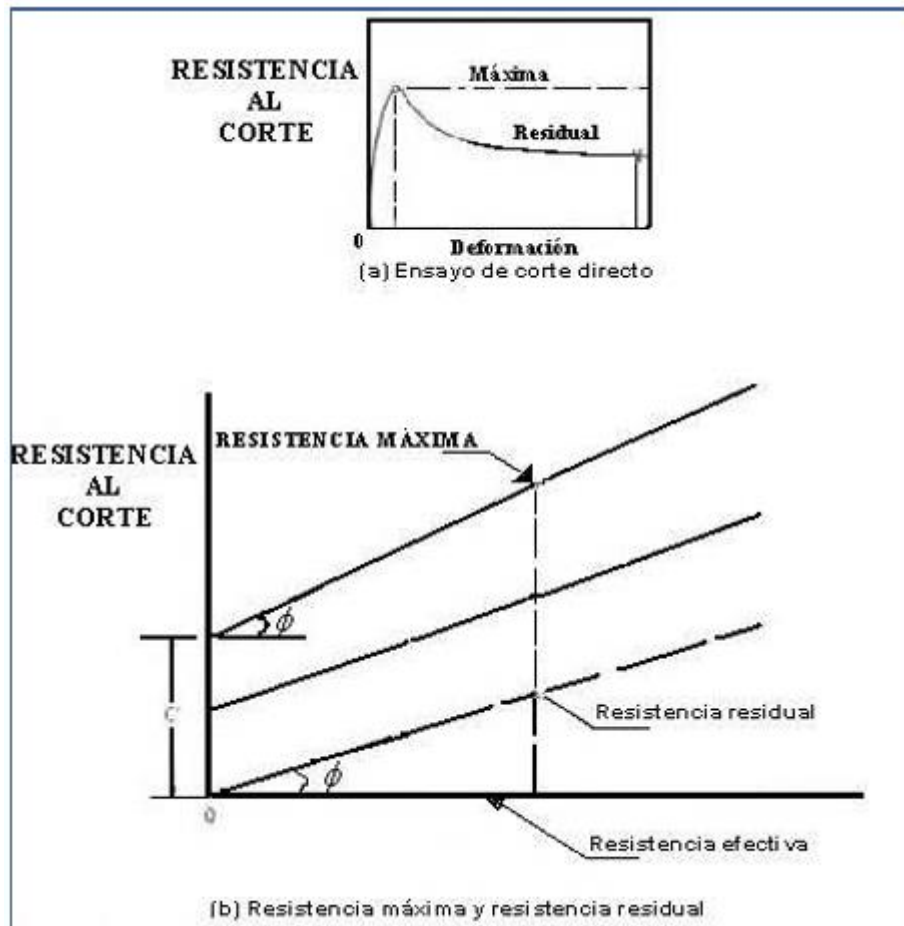


Figura 21: Definición de la resistencia al corte residual y cohesión. (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016)

2.5.2.4.6 Cohesión

La cohesión de los suelos es debida a la atracción entre sus diferentes partículas, que se encuentran en contacto o muy próximas entre sí.

Los suelos cohesivos tienen una superficie específica muy elevada, es decir, una gran superficie por unidad de peso. De ello se deduce que han de tener una gran energía superficial cuando están secos. Conforme se humedecen las partículas va disminuyendo dicha energía hasta alcanzar el límite líquido, situación en la que el suelo tiene el mínimo de energía superficial, transformándose en un conjunto viscoso.

La disminución de la energía superficial se ha consumido en la fijación del agua. La cohesión ha ido disminuyendo al aumentar la distancia relativa entre las partículas por el agua que se ha intercalado entre ellas.

Los valores de la cohesión van disminuyendo notablemente al pasar el suelo del estado seco al de saturación y así en algunos suelos del tipo A-6 puede descender desde $8,5 \text{ t/m}^2$ a $0,5$

t/m^2 , La cohesión es una característica de los suelos arcillosos, y, por tanto, asociada a la plasticidad.

La cohesión se representa por c , en su valor unitario, y viene expresada en kg/cm^2 o en t/m^2 . (Dal-Re Tenreiro, 2001, págs. 31,32)

2.5.2.4.6.1 Ensayo de corte directo

Ver ítem **2.5.2.2.2.1** **Ensayo de corte directo**

2.5.2.5 Estadística descriptiva e inferencial

(Sheldon M., 2007, pág. 3) La Estadística es el arte de aprender a partir de los datos. Está relacionada con la recopilación de datos, su descripción subsiguiente y su análisis, lo que nos lleva a extraer conclusiones.

(Sheldon M., 2007, pág. 4) La parte de la Estadística relacionada con la descripción y la clasificación de los datos se conoce con el nombre de Estadística descriptiva.

(Sheldon M., 2007, pág. 4) La parte de la Estadística relacionada con la extracción de conclusiones a partir de los datos se conoce con el nombre de Estadística inferencial.

2.5.2.5.1 Muestra representativa

La muestra ideal sería una copia a escala de la población respecto de las variables que pueden influir en las variables objeto del estudio, una muestra con las características anteriores es representativa.

Una muestra representativa es aquella en la que, respecto a las variables que se quieren estudiar, los valores de algunos parámetros son iguales o muy aproximados a los de la población muestreada. (Alvarez Cáceres, 2007, pág. 223)

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \dots\dots\dots (23)$$

Donde:

N = Total de la población; Z_{α} = Valor T student (1.96 si la seguridad es del 95% para investigaciones); p = proporción esperada (para investigaciones máximo 5% = 0.05); $q = 1 - p$; d = precisión (en investigaciones usar 5%).

2.5.2.5.2 Medidas de tendencia central

(Vargas Sabadías, 1995, pág. 65) Como resumen, podemos decir que las medidas de tendencia central son valores numéricos que describen la localización de una distribución de datos, o bien, los valores alrededor de los cuales se sitúan los demás.

2.5.2.5.2.1 Media muestral

(Sheldon M., 2007, pág. 71) Supongamos que se dispone de una muestra de n datos cuyos valores serán designados por x_1, x_2, \dots, x_n . Un estadístico usado para indicar el centro de este conjunto de datos es la media muestral, definida como la media aritmética de los valores de datos.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \dots\dots\dots (24)$$

2.5.2.5.3 Medidas de dispersión

(Vargas Sabadías, 1995, pág. 89) Se llama variabilidad o dispersión de una distribución a la mayor o menor separación de sus datos con respecto a una de sus características de posición o promedio.

2.5.2.5.3.1 Rango

(Vargas Sabadías, 1995, pág. 90) Se llama «recorrido o rango» de una distribución a la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de la variable estadística.

$$R = \max(x_i) - \min(x_i) \dots\dots\dots (25)$$

2.5.3 Marco Conceptual: terminología básica

Suelo: Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 18)

Granulometría: Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que la sigue correlativamente. (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005, pág. 24)

Contenido de humedad: La humedad es la relación del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa de suelo, expresada, generalmente, en porcentaje.

El contenido de humedad se determina pesando una muestra representativa del suelo en su estado húmedo, secando luego dicha muestra a peso constante en un horno a una temperatura de 100 a 110°C y pesándola después. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra. Este peso del agua expresado como porcentaje del peso seco de la muestra proporciona el contenido de humedad. El contenido de humedad del suelo puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado y variable cuando está completamente saturado. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 64)

Densidad del suelo en campo: La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos. La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 42)

Plasticidad: La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los (ver figura). (Crespo Villalaz, 2004, pág. 69)

Límite líquido: El límite líquido (LL) se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 70)

Límite plástico: (Crespo Villalaz, 2004, pág. 77) El límite plástico (LP) se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Sistema de Clasificación de suelos: Un sistema de clasificación de los suelos, es una agrupación de esto con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las

propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, pág. 1159)

Sistema AASHTO: El Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras Posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como sistema AASHTO y recientemente AASHTO.

Teoría de Terzaghi: A partir de 1943 Terzaghi extendió la teoría de Prandtl-Reissner hasta hacerla aplicable a los problemas prácticos de la Mecánica de Suelos La teoría cubre el caso más general de suelos cuya ley de resistencia al esfuerzo cortante queda dada por la expresión: (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005, págs. 23,24,25)

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \theta$$

Capacidad portante de un suelo: La carga admisible en una cimentación es aquella que puede ser aplicada sin producir desperfectos en la estructura soportada, teniendo, además, un margen de seguridad dado por el llamado coeficiente de seguridad adoptado. La carga admisible no depende únicamente del terreno, sino también de la cimentación, característica de la estructura y del coeficiente de seguridad que se adopte en cada caso. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 290)

Cohesión: La cohesión de los suelos es debida a la atracción entre sus diferentes partículas, que se encuentran en contacto o muy próximas entre sí.

Los valores de la cohesión van disminuyendo notablemente al pasar el suelo del estado seco al de saturación y así en algunos suelos del tipo A-6 puede descender desde 8,5 t/m² a 0,5 t/m², La cohesión es una característica de los suelos arcillosos, y, por tanto, asociada a la plasticidad.

La cohesión se representa por c , en su valor unitario, y viene expresada en kp/cm² o en t/m². (Dal-Re Tenreiro, 2001, págs. 31,32)

Falla por corte:

La falla por corte general. - se caracteriza por la presencia de una superficie de deslizamiento continua dentro del terreno, que se inicia en el borde de la cimentación y que avanza hasta la superficie del terreno.

La falla por punzonamiento. - se caracteriza por un movimiento vertical de la cimentación mediante la compresión del suelo inmediatamente debajo de ella. La rotura del suelo se

presenta por corte alrededor de la cimentación y casi no se observan movimientos de éste junto a la cimentación, manteniéndose el equilibrio tanto vertical como horizontal de la misma.

La falla por corte local. - representa una transición entre las dos anteriores, pues tiene características tanto del tipo de falla por corte general como del de punzonamiento. En este tipo de falla existe una marcada tendencia al bufamiento del suelo a los lados de la cimentación, y además la compresión vertical debajo de la cimentación es fuerte y las superficies de deslizamiento terminan en algún punto dentro de la misma masa del suelo. (Crespo Villalaz, 2004, págs. 291,292,293)

Estadística descriptiva e inferencial: (Sheldon M., 2007, pág. 3) La Estadística es el arte de aprender a partir de los datos. Está relacionada con la recopilación de datos, su descripción subsiguiente y su análisis, lo que nos lleva a extraer conclusiones.

(Sheldon M., 2007, pág. 4) La parte de la Estadística relacionada con la descripción y la clasificación de los datos se conoce con el nombre de Estadística descriptiva.

(Sheldon M., 2007, pág. 4) La parte de la Estadística relacionada con la extracción de conclusiones a partir de los datos se conoce con el nombre de Estadística inferencial.

2.5.4 Marco Histórico

Los suelos considerados como la base y soporte de todo tipo estructura existente sobre la tierra, se formaron hace millones de años producto de la erosión y transformación constante a la que estaba sometida nuestro planeta en sus comienzos.

En las antiguas civilizaciones ya se tenía en cuenta a la hora de edificar, algunas de ellas que construyeron grandes monumentos desde oriente comenzando con la cultura Mesopotámica, la antigua China, el antiguo Egipto, hasta occidente con los Mayas e Incas, todos ellos tienen en común grandes monumentos, los cuales tienen como base el suelo, es seguro que estas culturas ya tenían un conocimiento incipiente a la hora de edificar, sobre todo al apreciar las dimensiones de las bases que hacen contacto con el suelo y el lugar de sus edificaciones, esto nos hace llegar a pensar que desde tiempos remotos el ser humano a tratado de entender el comportamiento del suelo reflejo de aquello podemos apreciar la perduración de muchos monumento intactos en el tiempo.

En el siglo XIX, cuando la mayoría de países comenzaron un gran desarrollo económico y social, se comenzaron a construir los primeros edificios, es aquí donde nace la necesidad de

estudiar los suelos debido a diversos casos sobre edificaciones que fallaron estructuralmente en sus cimientos debido al poco conocimiento que se tenía de estos, es así que en 1943 el ingeniero Karl Terzagui considerado el “padre de la Mecánica de suelos” comienza a realizar estudios más íntegros y completos sobre el comportamiento físico-mecánico de los suelos, publica su teoría en su libro “Soil Mechanics in Engineering Practice” que ha servido como base fundamental en el estudio de la mecánica de suelos y en muchos diversos estudios que se realizaron después como es el caso de la presente investigación.

México es uno de los países impulsores en lo que es el estudio de los suelos debido a diversos acontecimientos que han sucedido con los suelos de este país, desde pequeños hundimientos hasta catástrofes. En 1984 Juárez Badillo & Rico Rodríguez, Publicaron el texto "Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos", con la finalidad de ser usado como material didáctico, que comprende desde términos básicos hasta los conceptos más técnicos y la aplicación de la mecánica de suelos en la ingeniería.

Sin ir muy lejos; en nuestra provincia de San Martín; se puede observar la relevancia de la investigación geotécnica de nuestros suelos, es así que, la MPSM elaboró un mapa de peligros de las Ciudades Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo, en base a las características sísmicas, geomorfológicas, geotécnicas, geológicas, climatológicas e hidrológicas del área de estudio.

Como se puede observar los suelos han comenzado a ser objetos importantes de estudios, desde el hecho que los suelos actúan como base y reposo de todo tipo de estructura que se trate de construir y de las que ya existen naturalmente.

2.6 Hipótesis a demostrar

Mediante la determinación de las características geológicas y geotécnicas del suelo será posible realizar la zonificación geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota; con la finalidad de proveer información técnica para la construcción de futuras edificaciones.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Recursos humanos

En el presente proyecto se optó por personal comprometido con la investigación, que tengan ganas de trabajar para llegar a la meta que nos trazamos al inicio del proyecto.

Así mismo el compromiso del asesor el cual con el conocimiento que tiene nos guió de forma adecuada. Los componentes son:

Investigadores: Son los Bach. Carlofranco Montalvan Ríos y el Bach. Yerson Bacner Córdova Castillo, encargados del desarrollo de la investigación manejando todos los procesos que intervienen, así mismo en constante coordinación con el asesor y el personal de laboratorio para llegar a cumplir con los objetivos.

Asesor: Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación, para llegar a los objetivos planteados.

Jefe de Laboratorio: Es el responsable del laboratorio de Suelos, el cual interviene en todo el proceso de ensayos de laboratorio y diagnósticos final, para así certificar todos los ensayos realizados por los tesisistas.

Técnicos especialistas de Laboratorio: Son quienes verifican la realización de las pruebas, materiales a utilizar, así como también intervienen en la coordinación con los tesisistas en los ensayos de laboratorio.

Personal Auxiliar: Es la persona que apoya en el transporte de las muestras de campo al laboratorio. Y en el laboratorio también ayuda de acuerdo a los procedimientos que se realizan.

3.1.2 Recursos Materiales

En el presente proyecto requerimos materiales para llegar a la meta que nos trazamos al inicio del proyecto, se utilizarán los siguientes materiales:

3.1.2.1 Materiales usados en los ensayos de laboratorio:

Recipientes

Juego de Tamices de malla cuadrada

Espátulas

Utensilios para manejar los recipientes

3.1.2.2 Materiales para recolección de datos y edición de contenidos:

CD-R, CD-RW, USB, lapiceros, lápices, papel A-4, Libretas de apuntes, fichas, etc.

3.1.3 Recursos de equipos

3.1.3.1 Equipos usados para la evaluación de las muestras:

Horno de secado

Balanzas

Copa Casagrande

Estufa

Equipo de Corte Directo

3.1.3.2 Equipos de recolección y procesamiento de datos; edición, redacción e impresión:

Cámaras fotográficas.

Equipos de cómputo portátiles

Calculadoras científicas

Impresoras.

3.1.4 Otros Recursos

3.1.4.1 Material bibliográfico de consulta:

Considerado como fuentes secundarias para el presente estudio:

Bibliografía consultada.

Reglamento nacional de edificaciones Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Reglamento nacional de edificaciones Norma E.030 Diseño Sismoresistente.

3.1.4.2 Material cartográfico:

Considerados como fuentes secundarias para el presente estudio:

Plano de ubicación del área de estudio.

Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional - IGN, a escala de 1:100000.

Mapa Político del departamento de San Martín, a escala de 1:100000 para determinar el Límite Departamental.

Mapa de suelos a escala de 1:100000, de la zona norte del departamento de San Martín, elaborado por ONERN – 1977.

Mapa de suelos a escala de 1:100000, de la zona sur del departamento de San Martín, elaborado por ONERN – 1975.

Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras a escala de 1:100000, de la zona norte del departamento de San Martín, elaborado por ONERN – 1977.

Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras a escala de 1:100000, de la zona sur del departamento de San Martín, elaborado por ONERN – 1975.

Mapa de Suelos del Perú.

3.1.4.3 Software de computo:

Microsoft office (Word, Excel y Power Point.), AutoCAD y AutoCAD civil 3D

3.1.4.4 Servicios:

Internet

Movilidad

3.2 Metodología

El presente trabajo de investigación se realizó mediante la **exploración** a cielo abierto y la **metodología** utilizada es la **Teoría de Terzaghi**.

Así mismo para dar inicio el presente trabajo de investigación se tuvo que trabajar en etapas, las cuales detallaremos a continuación:

3.2.1 Universo, Población y Muestra

3.2.1.1 Universo

El universo está constituido por todos los suelos del distrito de Picota.

3.2.1.2 Población

Nuestra población está dada por los suelos del Barrio Centro del distrito de Picota,

3.2.1.3 Muestra

Está dada por las 18 muestras obtenidas en la exploración de los suelos a cielo abierto de los puntos señalados en el plano de **Ubicación de Muestras PM-01**, específicamente dos cuadras a la redonda de la Plaza de Armas del Distrito de Picota, las cuales forman una poligonal cerrada tal como indicamos en el ítem **2.4.2 Delimitación Espacial** de la Investigación.

3.2.2 Sistema de Variables

3.2.2.1 Variable Independiente

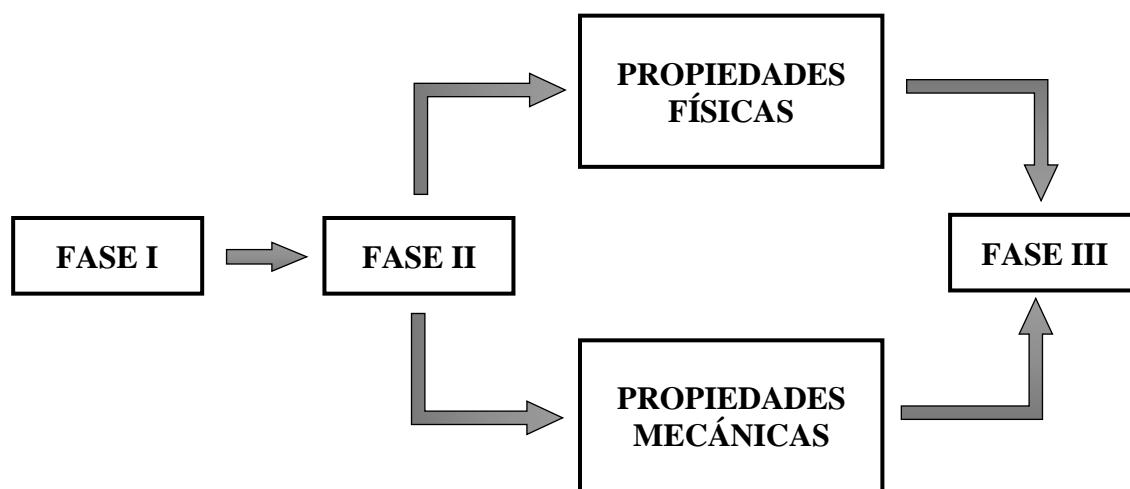
Características físicas y mecánicas del suelo.

3.2.2.2 Variable Dependiente

Zonificación geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota.

3.2.3 Diseño Experimental de la Investigación

El diseño del Método de investigación es el siguiente:



FASE I

En esta fase se recopila y se analiza la información existente, basándonos en la información de bibliotecas, entidades gubernamentales, empresas consultoras e investigaciones existentes acordes con el tema, dando como resultado una importante economía de tiempo y mejor calidad en el trabajo.

FASE II

Se hace el reconocimiento del área en estudio para hacernos una idea de las condiciones existentes. Esto nos permite conocer los factores más importantes que se adoptan a la hora de hacer una zonificación. Entre los más representativos están: la extensión del área que se quiere zonificar, la cantidad de población, las características topográficas, y las facilidades logísticas como vías de acceso, clima, orden público, etc. Se realiza los trabajos de excavación de calicatas, extracción de muestras y traslado a laboratorio y posteriormente se realizan los ensayos de laboratorio correspondientes.

FASE III

En esta última fase, con todos los resultados obtenidos de la bibliografía como de los ensayos de laboratorio, que se reflejan las características físicas y mecánicas del suelo, se realiza la zonificación geotécnica de acuerdo a las características antes mencionadas.

3.2.4 Diseño de Instrumentos

3.2.4.1 Fuentes Primarias:

(Becerra V., 2017, pág. 4) Información recabada directamente de la realidad, asumida en su más amplia concepción (social, educativa, cultural, económica, organizacional, institucional, etc.)

En el caso nuestro tenemos:

Exploración: Se realizó mediante la excavación de calicatas o pozos a cielo abierto.

Observación: Parte fundamental de la investigación consiste en lo que se puede apreciar a simple vista en este caso la estratigrafía.

Muestreo: Se tomó las muestras necesarias y de los lugares específicos muestreo inalterado y alterado disturbado.

Ensayos de campo: Se realizó medición de la densidad in-situ mediante el ensayo de reemplazo de arena.

Pruebas técnicas: Consiste en la realización de los ensayos de laboratorio (contenido de humedad, límites de consistencia, ensayo de corte directo y granulometría).

Metodología de Terzaghi: La metodología utilizada es el método de Terzaghi para determinar la capacidad de carga.

Zonificación: Es un proceso mediante el cual dividimos en zonas el área de estudio de acuerdo a las características evaluadas, para tener una visión más ordenada de los resultados obtenidos en la investigación.

3.2.4.2 Fuentes Secundarias.

(Becerra V., 2017, pág. 4) Información recopilada y/o registrada en materiales impresos, audiovisuales y/o electrónicos: textos, libros. Manuales, revistas especializadas, documentos, prensa, trabajos de grado y post grado, leyes, reglamentos, enciclopedias, diccionarios, anuarios, registros estadísticos, informes, memoria y cuenta, Internet, Cd, casetes, disquetes, etc.

Subrayado, resumen analítico, análisis crítico y análisis de contenido: Se realizó a toda la bibliografía consultada con la cual elaboramos el marco teórico y las bases técnicas para la realización de esta Tesis.

Análisis cartográfico: Se realizó la interpretación cartográfica necesaria, Plano ubicación del área de estudio, Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional, Mapa Político del departamento de San Martín, Mapa de suelos de la zona norte del departamento de San Martín, Mapa de suelos a escala de la zona sur del departamento de San Martín, Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras de la zona norte del departamento de San Martín, Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras de la zona sur del departamento de San Martín, y el Mapa de Suelos del Perú.

Presentación de cuadros: Parte de la teoría en la cual se basa la investigación procede de cuadros tomados como referencia de la bibliografía consultada. A su vez, usamos este instrumento para la presentación de nuestros resultados como parte de nuestro aporte a la investigación en la ciudad de Picota y la región San Martín.

3.2.5 Procesamiento de Información

Los valores obtenidos se ordenarán adecuadamente para poder formular el documento final. Para así poder mostrar un trabajo bien realizado a la comunidad interesada en situaciones y/o problemas similares a las que nos dignamos a estudiar.

Los datos obtenidos serán de:

3.2.5.1 Recopilación de Información

Se realizó la búsqueda bibliográfica y cartográfica, informes e información disponible del sitio de estudio, la que servirá de base y orientación para la planificación, organización y ejecución del trabajo de campo.

3.2.5.1.1 Determinación de la muestra representativa

En base al número de manzanas se realizó la evidencia muestral que consiste en tomar una muestra representativa de una población finita en este caso el número de manzanas destinadas a edificaciones son 23, entonces aplicando la fórmula de muestra representativa *Ec.23 (pag.50)* en el cual obtuvimos 18 puntos exploración de los cuales realizamos la exploración.

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

N = Total de la población; Z_{α} = Valor T student (1.96 si la seguridad es del 95% para investigaciones); p = proporción esperada (para investigaciones máximo 5% = 0.05); $q = 1 - p$; d = precisión (en investigaciones usar 5%).

Utilizando la formula calculamos la muestra representativa

Datos:

$N = 23$ Manzanas o unidades de investigación

$Z_{\alpha} = 1.96$ (para investigaciones, si la seguridad es del 95%)

$p = 0.05$ (para investigaciones máximo 5%)

$q = 1 - p = 1 - 0.05 = 0.95$

$d = 0.05$ (para investigaciones 5%)

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{23 \times 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}{0.05^2 \cdot (23 - 1) + 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}$$

$$n = \frac{4.196948}{0.055 + 0.182476} = \frac{4.196948}{0.237476}$$

$$n = 17.67 \approx 18$$

3.2.5.1.2 Ubicación de puntos de exploración

Teniendo en cuenta el número de puntos de exploración, y mediante la utilización de la carta nacional del INGENMET del cuadrante **14 – K** denominado como **Utcuarca**. Decidimos realizar 4 puntos de exploración en la Formación Ipururo y los 14 restantes las ubicamos en la Formación de Depósitos Aluviales distribuidos de manera aleatoria. (ver plano **FG-U**).

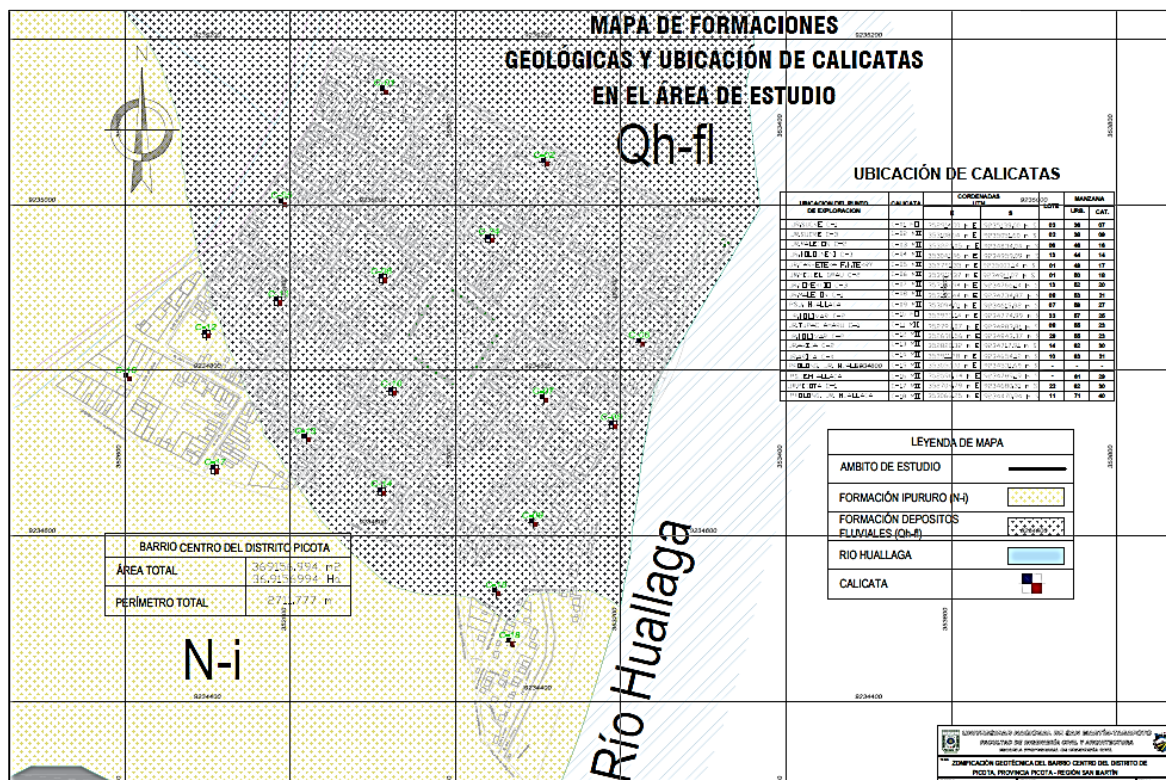


Figura 22: Ubicación de puntos de exploración considerando el tipo de formaciones. (INGEMMET-Plano Catastral MPP)

3.2.5.2 Reconocimiento de Campo

Se identificó, de forma preliminar, las problemáticas geológicas del área de estudio, de forma que se pudiera tomar en cuenta las dificultades geomorfológicas relativas a la ejecución de la investigación del sub-suelo.

Las actividades de campo en la zona se iniciarán con la exploración e identificación del área de estudio.

3.2.5.2.1 Evaluación social

Primeramente, se realizó la coordinación con los propietarios de los terrenos en los que inicialmente plateamos los puntos de exploración obteniendo una respuesta positiva por parte de los dueños. Ver anexo **Autorización municipal**.

Tabla 14:

Relación de lotes y dueños donde se realizó los puntos de exploración

Propietario	Manzana Catastral N°	Manzana Urbana N°	Lote N°
LUIS LLENGLE VENTURA	07	036	03
ERIKA GONZALES USHÑAHUA	09	038	02
PETER TELLO	16	046	06
HUGO PAREDES	14	044	13
TENIENTE GENERAL DE LAPNP- PICOTA	17	049	01
DIRECTOR DE LA I.E. LEONCIO PRADO – PRIMARIA-PICOTA	18	050	01
MERCEDES PAREDES PIZARRO	20	052	13
HERNAN MORI MONTILLA	21	053	08
FASTINO TELLO	27	059	07
ISOLDA TELLO TUANAMA	25	057	33
MANUEL LINARES	23	055	08
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PICOTA	23	055	29
ROBERTO TELLO MORA	30	062	14
EXILDA GRANDES PAREDES	31	063	10
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PICOTA	-	-	-
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PICOTA	29	061	-
SEGUNDO MENDOZA	30	062	22
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PICOTA	40	071	11

Fuente: elaboración propia

3.2.5.2.2 Evaluación topográfica

Durante esta actividad se realizó una breve inspección en campo considerando los puntos planteados inicialmente, fuimos a evaluar cómo acceder a ellos, obteniendo un resultado positivo; los lugares planteados eran de fácil acceso y no presentaba ningún riesgo llegar a ellos. Ver plano **Topografía (PT-01)**.

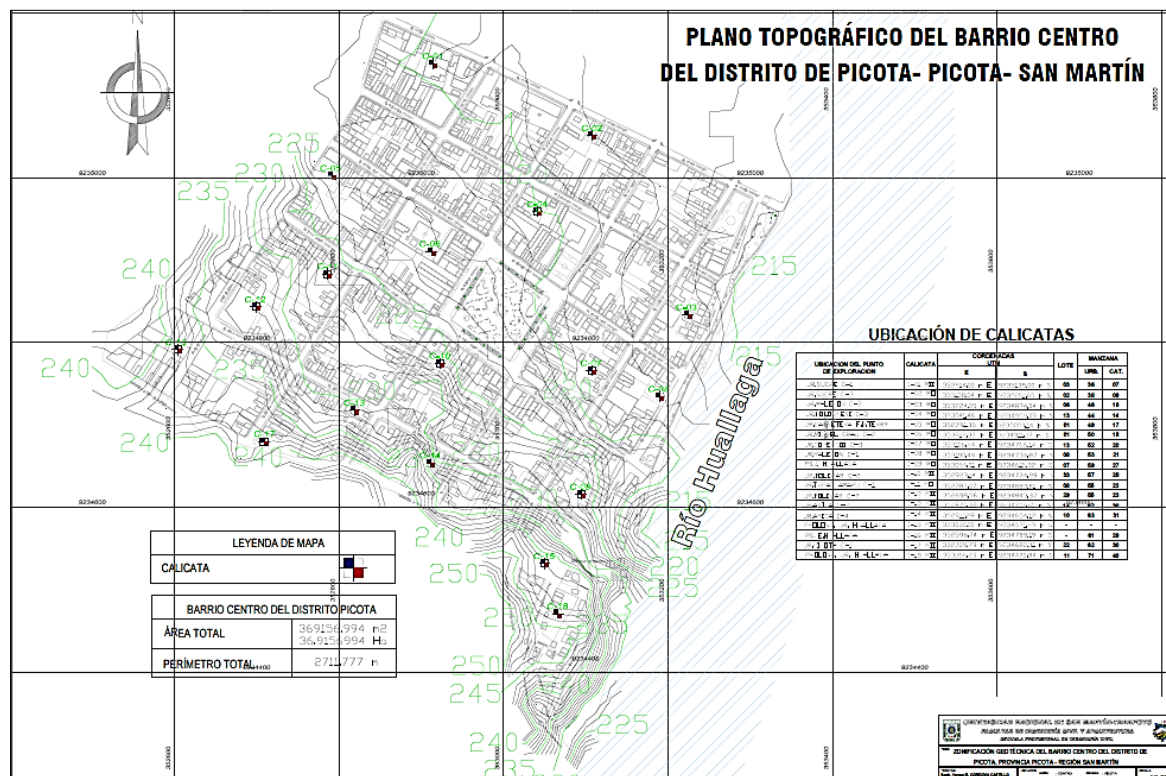


Figura 23: Topografía de la zona de estudio. (Google earth – Plano Catastral MPP)

3.2.5.2.3 Evaluación climatológica

Después de haber realizado las actividades anteriores nos remitimos a buscar los pronósticos del tiempo ya que en investigaciones de este tipo es indispensable en buen clima debido a que la lluvia podría afectar el muestreo respectivo. Así que buscamos información mediante la Aplicación del Clima de nuestros teléfonos móviles para asegurarnos si era apropiado comenzar el mismo, que por cierto fue así.

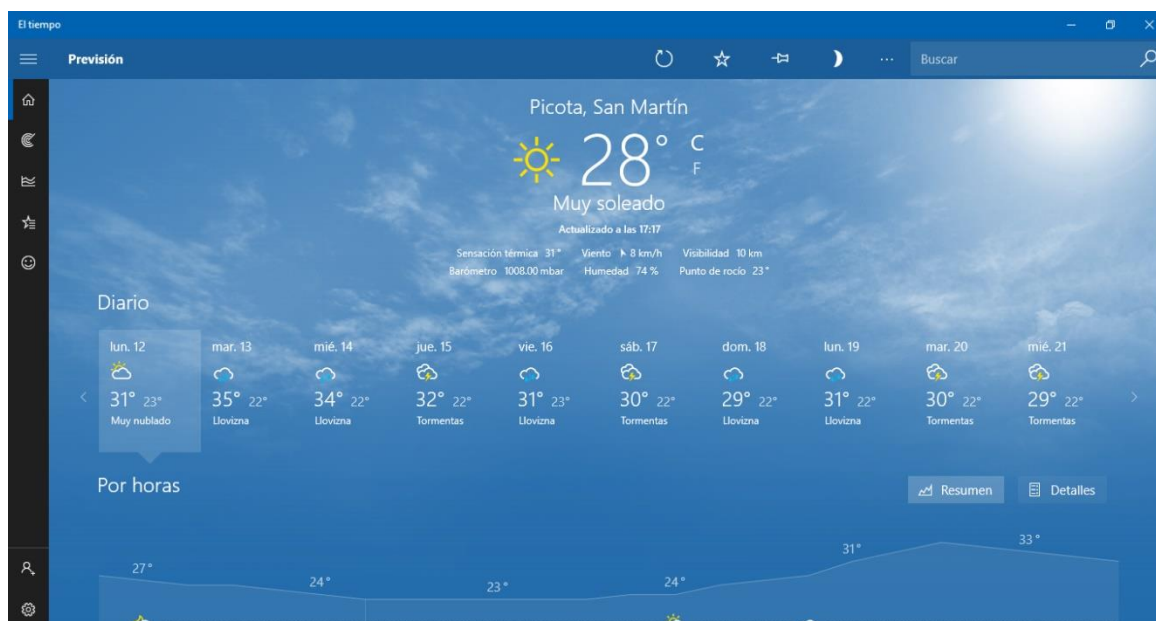


Figura 24: Pronostico del clima distrito de Picota. (El Tiempo de Windows 10)

3.2.5.3 Trabajos de Campo

Se realizó la ubicación de los puntos de muestreo, la recolección de muestras disturbadas e inalteradas, aquí se recolectará información como la ubicación de la muestra, hora, etc. También se realizaron ensayos in-situ.

3.2.5.3.1 Replanteo de coordenadas de puntos de exploración

Ya durante la excavación medimos las coordenadas exactas con un GPS Garming 64S.

Tabla 15:

Lista y de ubicación exacta de calicatas

Ítem	Manzana Catastral	Manzana Urbana	Lote	Coordenadas UTM	
				Este	Sur
C-01	07	036	03	3592914.00	9235139.00
C-02	09	038	02	353108.04	9235051.60
C-03	16	046	06	353224.05	9234834.04
C-04	14	044	13	353041.46	9234959.09
C-05	17	049	01	352791.35	9235003.14
C-06	18	050	01	353912.37	9234911.07
C-07	20	052	13	353106.94	9234766.14

C-08	21	053	08	353190.44	9234734.87
C-09	27	059	07	353094.01	9234615.92
C-10	25	057	33	352923.14	9234774.99
C-11	23	055	08	352787.07	9234883.81
C-12	23	055	29	352698.56	9234843.37
C-13	30	062	14	352820.32	9234717.91
C-14	31	063	10	352911.28	9234654.12
C-15	-	-	-	353050.00	9234531.69
C-16	29	061	-	352603.13	9234793.56
C-17	30	062	22	352709.79	9234680.31
C-18	40	071	11	353066.25	9234470.94

Fuente: elaboración propia

3.2.5.3.2 Método del reemplazo de arena

Realizamos el ensayo de reemplazo de arena para determinar la densidad in-situ se realizó ensayo según la norma ASTM D1556.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento, para ello usamos las ecuaciones *Ec.14*, *Ec.15*, *Ec.16*, *Ec.17* y *Tabla 10* (págs. 42 – 43)

Tabla 16:
Datos obtenidos en el ensayo de densidad in-situ

Ensayo N°	1
Calicata N°	<i>C-1</i>
Frasco N°	<i>1</i>
Profundidad de excavación (m)	<i>0.15</i>
Peso del frasco + arena (g)	<i>5750.0</i>
Peso del frasco + arena sobrante (g)	<i>1568.0</i>
Peso de arena en cono y placa (g)	<i>1741.0</i>
Peso arena en hoyo (g)	<i>2441.0</i>

Densidad de la arena calibrada (g/cm³)	1.430
Volumen del hoyo (cm³)	
Peso de la muestra húmeda (g)	3089.7
Peso de la muestra seca (g)	
Peso de la grava	-
% de grava	-
Densidad humedad (g/cm³)	
Densidad seca (g/cm³)	

Fuente: elaboración propia

Primeramente, determinamos el volumen del hoyo a excavar según la *Tabla 10: Volúmenes mínimos del hoyo basados en el tamaño máximo de la partícula*.

Tamaño máximo de la partícula		Volumen mínimo del orificio de ensayo	
Pulgada	mm	cm³	pies³
½	12.5	1420	0.050
1	25.0	2120	0.075
2	50.0	2830	0.100

Considerando un diámetro máximo de ½ pulgada tenemos un volumen de 1420 cm³ asumimos realizar un orificio aproximadamente de 12cm x 12cm x 15

Cálculo de el volumen del orificio de prueba:

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_1}$$

$$V = \frac{(5750 - 1568) - 1741}{1.43} = 1707 \text{ cm}^3$$

Cálculo de la masa seca del material extraído del orificio de prueba:

$$M_4 = \frac{100 \times M_3}{W + 100}$$

$$M_4 = \frac{100 \times 3089.7}{8.01 + 100} = 2860.6 \text{ g}$$

Cálculo de la densidad húmeda y seca in-situ del material ensayado:

$$\rho_m = M_3/V = \frac{3089.7}{1707} = 1.810 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_d = M_4/V = \frac{2860.6}{1707} = 1.676 \text{ g/cm}^3$$

Tabla 17:

Datos obtenidos y calculados en el ensayo de densidad in-situ

Ensayo N°	1
Calicata N°	<i>C-1</i>
Frasco N°	<i>1</i>
Profundidad de excavación (m)	<i>0.15</i>
Peso del frasco + arena (g)	<i>5750.0</i>
Peso del frasco + arena sobrante (g)	<i>1568.0</i>
Peso de arena en cono y placa (g)	<i>1741.0</i>
Peso arena en hoyo (g)	<i>2441.0</i>
Densidad de la arena calibrada (g/cm3)	<i>1.430</i>
Volumen del hoyo (cm3)	<i>1707.0</i>
Peso de la muestra húmeda (g)	<i>3089.7</i>
Peso de la muestra seca (g)	<i>2860.6</i>
Peso de la grava	-
% de grava	-
Densidad humedad (g/cm3)	<i>1.810</i>
Densidad seca (g/cm3)	<i>1.676</i>

Fuente: elaboración propia

3.2.5.4 Trabajos de Laboratorio

Se sometieron las muestras a diversos ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Teniendo en cuenta las siguientes normas:

ENSAYOS ESTANDAR**NORMA USADA**

Contenido de Humedad Natural	ASTM D2216
Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422
Límite Líquido y Límite Plástico	ASTMD4318
Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2487
Peso Específico del Sólido	ASTM D854
Gravedad Específica de los Sólidos	ASTM D856
Densidad De Campo (Método De Cono De Arena)	ASTM D1556
Peso volumétrico	ASTM D2937

ENSAYOS ESPECIALES**NORMA USADA**

Corte Directo	ASTM D3080
---------------	------------

3.2.5.4.1 Granulometría

Realizamos el ensayo Granulométrico por tamizado para determinar la distribución y tamaño de las partículas del suelo se realizó ensayo según la norma ASTM D422.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento, para ello usamos las ecuaciones *Ec.9*, *Ec.10*, *Ec.11* y *Tabla 9* (págs. 39 – 40)

Tomando en cuenta la **Calicata C – 01**, después de haber realizado el ensayo correspondiente este no arroja los siguientes datos:

Datos:

Peso inicial solo muestra de suelo seca: 366.90 g

Peso después de lavar en malla N°200 solo muestra seca: 102.03 g

Tabla 18:

Datos obtenidos en el ensayo granulométrico

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
N°4	4.760	0.39			
N°8	2.380				

N°10	2.000	<i>0.04</i>
N°16	1.190	<i>0.39</i>
N°20	0.840	<i>0.50</i>
N°30	0.590	<i>0.97</i>
N°40	0.426	<i>2.20</i>
N°50	0.297	<i>12.16</i>
N°60	0.250	<i>7.01</i>
N°80	0.177	<i>27.41</i>
N°100	0.149	<i>12.59</i>
N°200	0.074	<i>38.37</i>
Fondo	0.010	<i>264.87</i>
TOTAL		<i>366.90</i>

Fuente: elaboración propia

Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N°200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{366.90 - 102.03}{366.90} \times 100 = 72.19 \%$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma; tomamos como ejemplo la malla N°8:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

$$\% \text{ Retenido Malla N°8} = \frac{0.39}{366.90} \times 100 = 0.11 \%$$

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz; para el tamiz N°:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - 0.11 = 99.89 \%$$

Finalmente se registran los cálculos y además se rellena el cuadro siguiente con el cual graficamos la curva granulométrica.

Grava (%pasa 3" (75 mm) y retiene malla N°4 (4.75 mm))

Grava gruesa (% pasa 3" (75 mm) y retiene en la malla 3/4" (19 mm)) = 00.00%

Grava fina (% pasa 3/4" (19 mm) y retiene en la malla 4 (4.75 mm)) = 00.00%

Arena (% pasa la malla N°4 (4.75mm) y retiene en la malla N.º 200 (0.075 mm))

Arena gruesa (% pasa la malla N°4 (4.75mm) y retiene en la malla N.º 10 (2 mm)) = 00.12%

Arena media (% pasa la malla N°10 (2 mm) y retiene en la malla N.º 40 (0.425mm)) = 01.11%

Arena fina (% pasa la malla N°40 (0.425mm) y retienen en la malla N.º 200 (0.075 mm)) = 26.58%

Arcilla(% que pasa la malla N°200 (0.075 mm)) = 72.19%

% de suelos

Grava = 0.00%

Arena = 27.81%

Limos y arcillas = 72.19%

Tabla 19:

Datos obtenidos y calculados en el ensayo granulométrico

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø (mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
N°4 4.760				<i>100.00%</i>
N°8 2.380	<i>0.39</i>	<i>0.11%</i>	<i>0.11%</i>	<i>99.89%</i>
N°10 2.000	<i>0.04</i>	<i>0.01%</i>	<i>0.12%</i>	<i>99.88%</i>
N°16 1.190	<i>0.39</i>	<i>0.11%</i>	<i>0.22%</i>	<i>99.78%</i>
N°20 0.840	<i>0.50</i>	<i>0.14%</i>	<i>0.36%</i>	<i>99.64%</i>
N°30 0.590	<i>0.97</i>	<i>0.26%</i>	<i>0.62%</i>	<i>99.38%</i>
N°40 0.426	<i>2.20</i>	<i>0.60%</i>	<i>1.22%</i>	<i>98.78%</i>

N°50	0.297	12.16	3.31%	4.54%	95.46%
N°60	0.250	7.01	1.91%	6.45%	93.55%
N°80	0.177	27.41	7.47%	13.92%	86.08%
N°100	0.149	12.59	3.43%	17.35%	82.65%
N°200	0.074	38.37	10.46%	27.81%	72.19%
Fondo	0.010	264.87	72.19%	100.00%	0.00%
TOTAL		366.90			

Fuente: elaboración propia

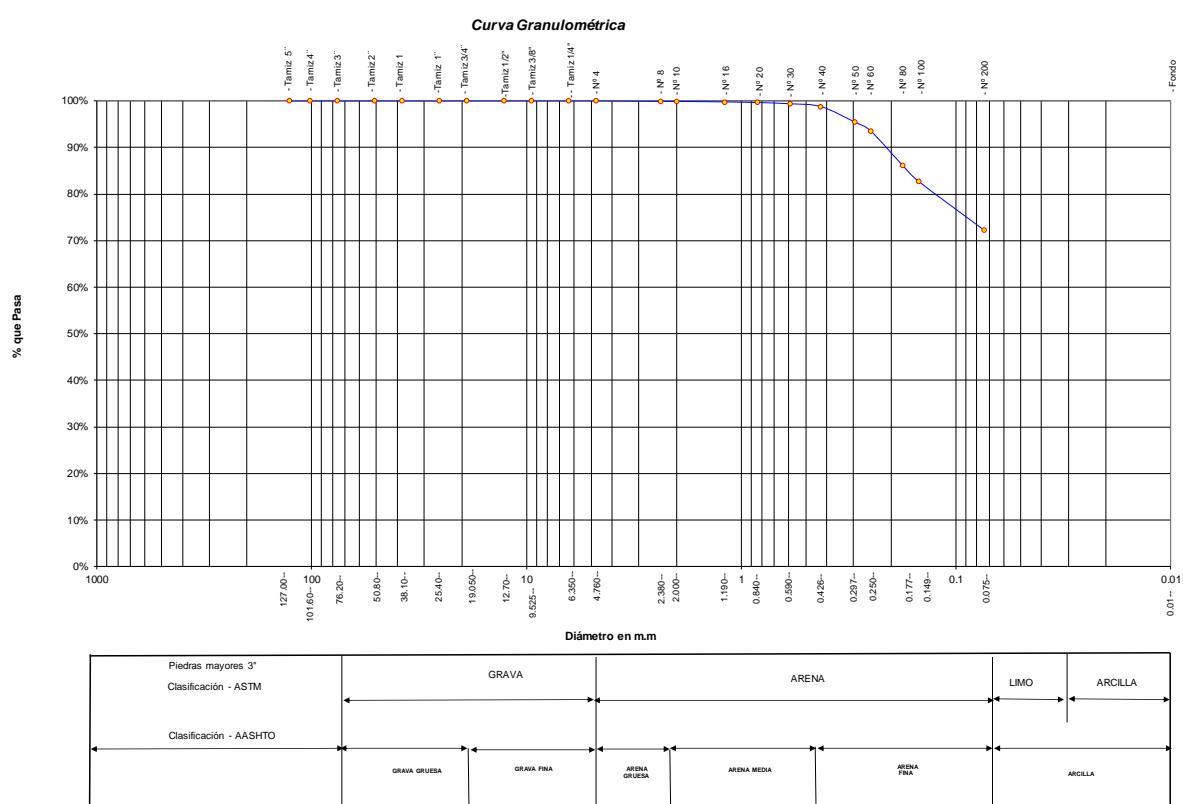


Figura 25: Distribución granulométrica del suelo del espécimen de la calicata C – 01. (Estudio de Suelos)

**Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para determinar el análisis granulométrico.

3.2.5.4.2 Contenido de humedad

Realizamos el ensayo de Contenido de humedad para determinar la humedad natural del suelo se realizó ensayo según la norma ASTM D2216.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento, para ello usamos las ecuaciones *Ec.12* y *Ec.13* (pág. 41) y *Ec.24*(pág. 51)

Por ejemplo, la **Calicata C – 01**, se extrajo 04 (cuatro) muestras las cuales se promediaron.

Tabla 20:

Datos obtenidos en el ensayo de contenido de humedad

Lata	1	2	3	4
Peso de lata (g)	56.60	56.26	56.10	56.23
Peso del suelo húmedo + lata (g)	157.30	157.23	157.20	157.61
Peso del suelo seco + lata (g)	149.85	149.72	149.71	150.10
Peso del agua (g)				
Peso del suelo seco (g)				
% de humedad				
Promedio % de humedad				

Fuente: elaboración propia

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

$$M_{W1} = M_{CWS} - M_{CS} = 157.3 - 149.85 = 7.45$$

$$M_{S1} = M_{CS} - M_C = 149.85 - 56.60 = 93.25$$

$$W_1 = \frac{7.45}{93.25} \times 100 = 7.99 \%$$

$$W_2 = \frac{7.51}{93.46} \times 100 = 8.04 \%$$

$$W_3 = \frac{7.49}{93.61} \times 100 = 8.00 \%$$

$$W_4 = \frac{7.51}{93.87} \times 100 = 8.00 \%$$

Finalmente promediamos y obtenemos el contenido de humedad de la **Calicata C – 01**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{7.99 + 8.04 + 8.00 + 8.00}{4} = 8.01$$

Tabla 21:

Datos obtenidos y calculados en el ensayo de contenido de humedad

Lata	1	2	3	4
Peso de lata (g)	56.60	56.26	56.10	56.23
Peso del suelo húmedo + lata (g)	157.30	157.23	157.20	157.61
Peso del suelo seco + lata (g)	149.85	149.72	149.71	150.10
Peso del agua (g)	7.45	7.51	7.49	7.51
Peso del suelo seco (g)	93.25	93.46	93.61	93.87
% de humedad	7.99	8.04	8.00	8.00
Promedio % de humedad	8.01			

Fuente: elaboración propia

**Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para determina el contenido de humedad.

3.2.5.4.3 Peso volumétrico determinado en laboratorio

Realizamos el ensayo de peso volumétrico según la norma ASTM D2937.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento, para ello usamos las ecuaciones *Ec.18* (pág. 43) y *Ec.24*(pág. 51).

Por ejemplo, para la **Calicata C – 01**, se extrajo 04 (cuatro) muestras las cuales de promediaron. Después de realizar el ensayo obtenemos los siguientes datos:

Tabla 22:

Datos obtenidos en el ensayo de peso volumétrico

Ensayo	1	2	3	4
Peso de molde (g)	146.00	146.00	146.00	146.00
Peso del suelo + molde (g)	276.01	276.05	276.04	276.08
Peso del suelo húmedo (g)	130.01	130.05	130.04	130.08

Volumen del molde (cm3)	72	72	72	72
Peso unitario (g/cm3)				
Promedio (g/cm3)				

Fuente: elaboración propia

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula se determinó el peso volumétrico para cada espécimen:

$$\gamma_m = M/V$$

$$\gamma_{m1} = 130.01/72 = 1.81 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma_{m2} = 130.05/72 = 1.81 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma_{m3} = 130.04/72 = 1.81 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma_{m4} = 130.08/72 = 1.81 \text{ g/cm}^3$$

$$\overline{\gamma_m} = \frac{1.81 + 1.81 + 1.81 + 1.81}{4} = 1.81 \text{ g/cm}^3$$

Tabla 23:

Datos obtenidos y calculados en el ensayo de peso volumétrico

Ensayo	1	2	3	4
Peso de molde (g)	146.00	146.00	146.00	146.00
Peso del suelo + molde (g)	276.01	276.05	276.04	276.08
Peso del suelo húmedo (g)	130.01	130.05	130.04	130.08
Volumen del molde (cm3)	72	72	72	72
Peso unitario (g/cm3)				
Promedio (g/cm3)				

Fuente: elaboración propia

**Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para determina el peso volumétrico.

3.2.5.4.4 Limite líquido

Realizamos el ensayo de Límite líquido según la norma ASTM D4318.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento, para ello usamos las ecuaciones *Ec.12* y *Ec.13* (pág. 41); *Ec.19*, *Tabla 11*, *Tabla 12* (págs. 44-45) y *Ec.24*(pág. 51).

Tomando como ejemplo la **Calicata C – 01** se determinó el límite líquido para cada espécimen usando una de las siguientes ecuaciones:

Tabla 24:

Datos obtenidos en el ensayo de límite líquido

Lata	1	2	3
Peso de lata (g)	20.18	20.17	20.18
Peso del suelo húmedo + lata (g)	85.66	85.61	85.73
Peso del suelo seco + lata (g)	69.47	70.34	71.24
Peso del agua (g)			
Peso del suelo seco (g)			
% de humedad			
Numero de golpes	16	24	34

Fuente: elaboración propia

Primeramente, procedemos como en el caso del contenido de humedad y lo calculamos. Después procedemos al cálculo del límite líquido.

$$LL = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad o \quad LL = kW_N$$

$$LL_2 = 32.85 \left(\frac{24}{25} \right)^{0.121} = 30.29$$

El valor de K lo obtenemos de la *Tabla 11: Valores de K para limite líquido unipunto*

N (número de golpes)	K (factor de límite líquido)
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990

24	<i>0.995</i>
25	<i>1.000</i>
26	<i>1.005</i>
27	<i>1.009</i>
28	<i>1.014</i>
29	<i>1.018</i>
30	<i>1.022</i>

$$LL_2 = 0.995 \times 30.44 = 30.29$$

$$LL = \frac{30.29 + 30.29}{2} = 30.29$$

Tabla 25:

Datos obtenidos y calculados en el ensayo de límite líquido

Lata	1	2	3
Peso de lata (g)	<i>20.18</i>	<i>20.17</i>	<i>20.18</i>
Peso del suelo húmedo + lata (g)	<i>85.66</i>	<i>85.61</i>	<i>85.73</i>
Peso del suelo seco + lata (g)	<i>69.47</i>	<i>70.34</i>	<i>71.24</i>
Peso del agua (g)	<i>16.19</i>	<i>15.27</i>	<i>14.49</i>
Peso del suelo seco (g)	<i>49.29</i>	<i>50.17</i>	<i>51.06</i>
% de humedad	<i>32.85</i>	<i>30.44</i>	<i>28.38</i>
Numero de golpes	<i>16</i>	<i>24</i>	<i>34</i>

Fuente: elaboración propia

El límite líquido también se puede determinar mediante el método gráfico con el diagrama de fluidez

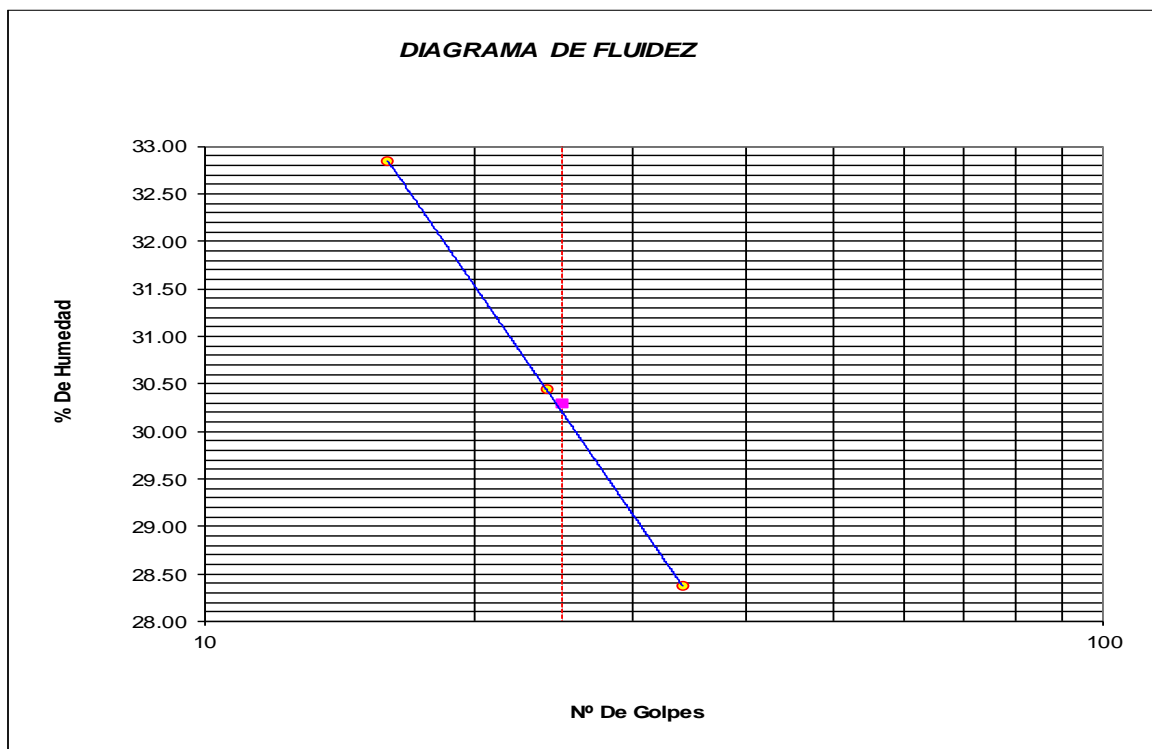


Figura 26: Diagrama de fluidez. (Estudio de Suelos)

**Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para determina el límite líquido.

3.2.5.4.5 Límite plástico

Realizamos el ensayo de Límite plástico según la norma ASTM D4318.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento, para ello usamos las ecuaciones *Ec.12* y *Ec.13* (pág. 41); *Ec.20* y *Tabla 13* (págs. 46) y *Ec.24*(pág. 51).

Tomando como ejemplo la **Calicata C – 01** se determinó el límite plástico para cada espécimen usando las siguientes ecuaciones:

Tabla 26:

Datos obtenidos en el ensayo de límite plástico

Lata	4	5	6
Peso de lata (g)	10.29	10.21	10.28
Peso del suelo húmedo + lata (g)	32.01	31.98	31.55

Peso del suelo seco + lata (g)	29.00	28.96	28.60
Peso del agua (g)			
Peso del suelo seco (g)			
% de humedad			
% promedio			

Fuente: elaboración propia

El límite plástico se expresa como el porcentaje de humedad se procede de la misma manera del contenido de humedad.

$$\text{Limite plastico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

$$LP_1 = \frac{3.01}{18.71} \times 100 = 16.09$$

$$LP_2 = 16.11$$

$$LP_3 = 16.10$$

$$\overline{LP} = \frac{16.09 + 16.11 + 16.10}{3} = 16.10$$

Tabla 27:

Datos obtenidos y calculados en el ensayo de límite plástico

Lata	4	5	6
Peso de lata (g)	10.29	10.21	10.28
Peso del suelo húmedo + lata (g)	32.01	31.98	31.55
Peso del suelo seco + lata (g)	29.00	28.96	28.60
Peso del agua (g)	3.01	3.02	2.95
Peso del suelo seco (g)	18.71	18.75	18.32
% de humedad	16.09	16.11	16.10
% promedio	16.10		

Fuente: elaboración propia

**Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para determina el límite plástico.

3.2.5.4.6 Índice de plasticidad

Calculamos el Índice de plasticidad según la norma ASTM D4318.

Para ello usamos la ecuación *Ec.21* (pág. 46)

$$IP = LL - LP$$

Considerando el ejemplo de la Calicata **C – 01** y utilizado la formula se calculó el índice de plasticidad.

Datos:

$$LL = 30.29$$

$$LP = 16.10$$

Reemplazando tenemos:

$$IP = 30.29 - 16.10$$

$$IP = 14.19$$

****Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para calcular su índice pastico.**

3.2.5.4.7 Ensayo de corte directo

Realizamos el ensayo de Corte Directo para determinar el Ángulo de fricción interna del suelo y la Cohesión del suelo se realizó ensayo según la norma ASTM D3080.

Se realizó el ensayo y se tomaron los datos respectivos, para su posterior procesamiento.

Considerando el ejemplo de la Calicata **C – 01** y recopilando los las lecturas de dial para los diferentes pesos 2kg, 4kg y 6kg a una velocidad de 0.50mm/min. Se obtuvieron los siguientes datos:

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura:	20.00 mm		Altura:	20.00 mm		Altura:	20.00 mm	
Lado :	60.00 mm		Lado :	60.00 mm		Lado :	60.00 mm	
D. Húmeda:	1.81 gr/cm ³		D. Húmeda:	1.81 gr/cm ³		D. Húmeda:	1.81 gr/cm ³	
D. Seca:	1.67 gr/cm ³		D. Seca:	1.67 gr/cm ³		D. Seca:	1.67 gr/cm ³	
Humedad:	7.99 %		Humedad:	8.00 %		Humedad:	8.04 %	
Esf. Normal :	0.56 kg/cm ²		Esf. Normal :	1.11 kg/cm ²		Esf. Normal :	1.67 kg/cm ²	
Esf. Corte:	0.39 kg/cm ²		Esf. Corte:	0.58 kg/cm ²		Esf. Corte:	0.77 kg/cm ²	

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.04	0.08
0.06	0.08	0.14
0.12	0.11	0.20
0.18	0.12	0.22
0.30	0.15	0.26
0.45	0.18	0.33
0.60	0.21	0.37
0.75	0.22	0.39
0.90	0.24	0.43
1.05	0.25	0.45
1.20	0.26	0.45
1.50	0.27	0.47
1.80	0.29	0.50
2.10	0.30	0.51
2.40	0.31	0.53
2.70	0.31	0.53
3.00	0.32	0.55
3.60	0.33	0.55
4.20	0.33	0.55
4.80	0.33	0.55
5.40	0.34	0.55
6.00	0.34	0.55
6.60	0.36	0.57
7.20	0.38	0.60
7.50	0.38	0.61
7.80	0.39	0.61

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.05	0.05
0.06	0.09	0.08
0.12	0.12	0.11
0.18	0.15	0.13
0.30	0.20	0.18
0.45	0.23	0.21
0.60	0.26	0.24
0.75	0.29	0.26
0.90	0.32	0.28
1.05	0.34	0.30
1.20	0.36	0.32
1.50	0.38	0.33
1.80	0.40	0.35
2.10	0.42	0.37
2.40	0.44	0.38
2.70	0.46	0.39
3.00	0.48	0.41
3.60	0.49	0.41
4.20	0.50	0.42
4.80	0.51	0.42
5.40	0.52	0.42
6.00	0.53	0.43
6.60	0.55	0.44
7.20	0.57	0.45
7.50	0.57	0.45
7.80	0.58	0.45

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.07	0.04
0.06	0.10	0.06
0.12	0.14	0.08
0.18	0.17	0.10
0.30	0.25	0.15
0.45	0.29	0.17
0.60	0.32	0.19
0.75	0.36	0.21
0.90	0.39	0.23
1.05	0.43	0.25
1.20	0.47	0.27
1.50	0.49	0.29
1.80	0.52	0.30
2.10	0.55	0.32
2.40	0.57	0.33
2.70	0.60	0.34
3.00	0.63	0.36
3.60	0.65	0.36
4.20	0.67	0.37
4.80	0.69	0.38
5.40	0.70	0.38
6.00	0.73	0.39
6.60	0.73	0.39
7.20	0.76	0.40
7.50	0.76	0.40
7.80	0.77	0.40

Figura 28: Cuadro resumen de los datos obtenidos del ensayo de corte directo. (Estudio de Suelos)

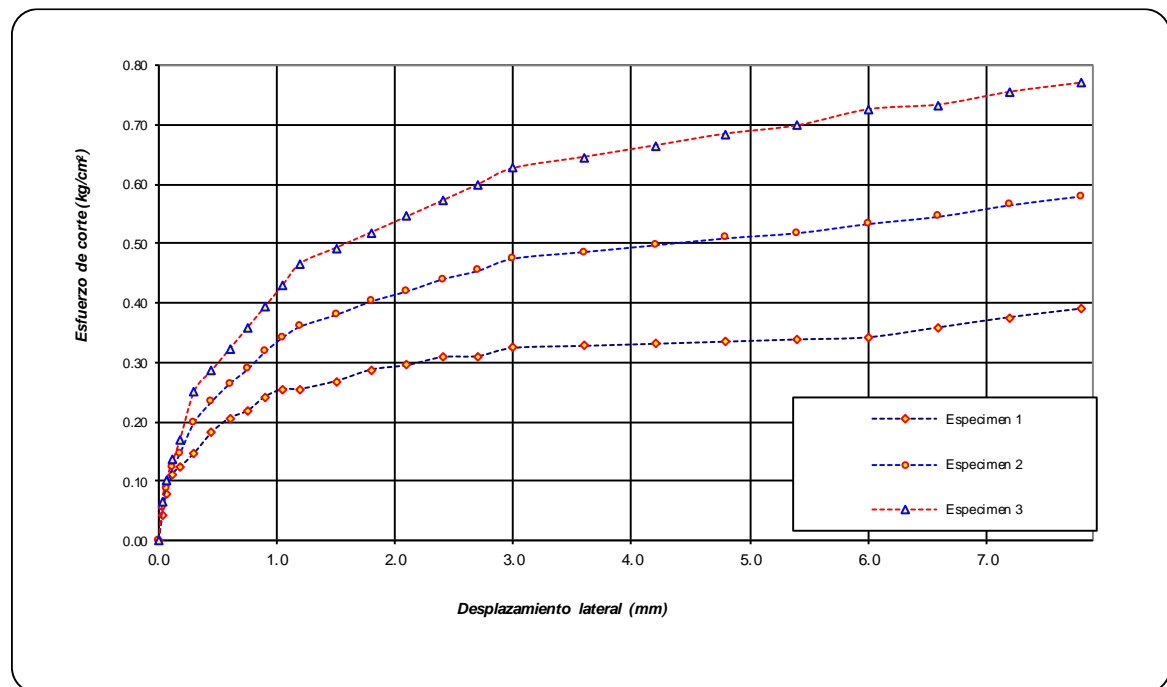


Figura 27: Representación gráfica Desplazamiento Vertical vs Desplazamiento Lateral. (Estudio de Suelos)

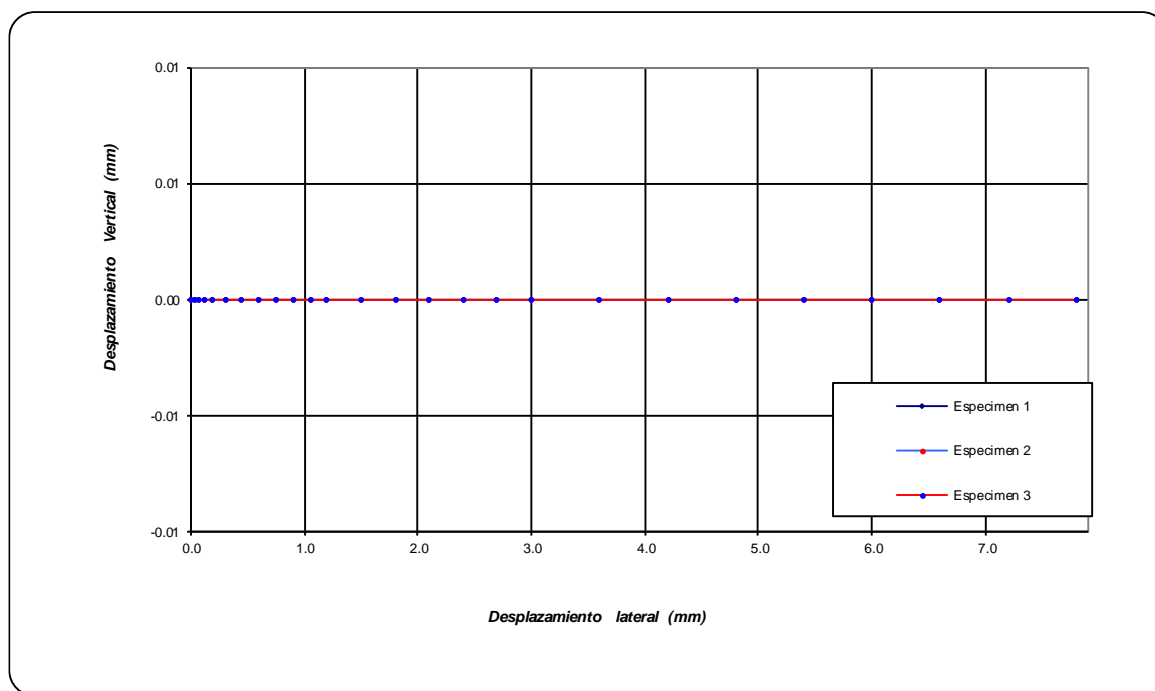


Figura 29: Representación gráfica de la curva Esfuerzo de corte vs Desplazamiento Lateral. (Estudio de Suelos)

Teniendo en cuenta diagrama de Mohr Coulumb, graficamos la recta **Esfuerzo de Corte vs Esfuerzo Normal** y mediante esta representación matemáticamente y gráficamente obtenemos el Ángulo de Fricción Interna y la Cohesión.

Tabla 28:

Datos para graficar la recta esfuerzo de corte vs esfuerzo normal

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte	0.39	0.58	0.77

Fuente: elaboración propia

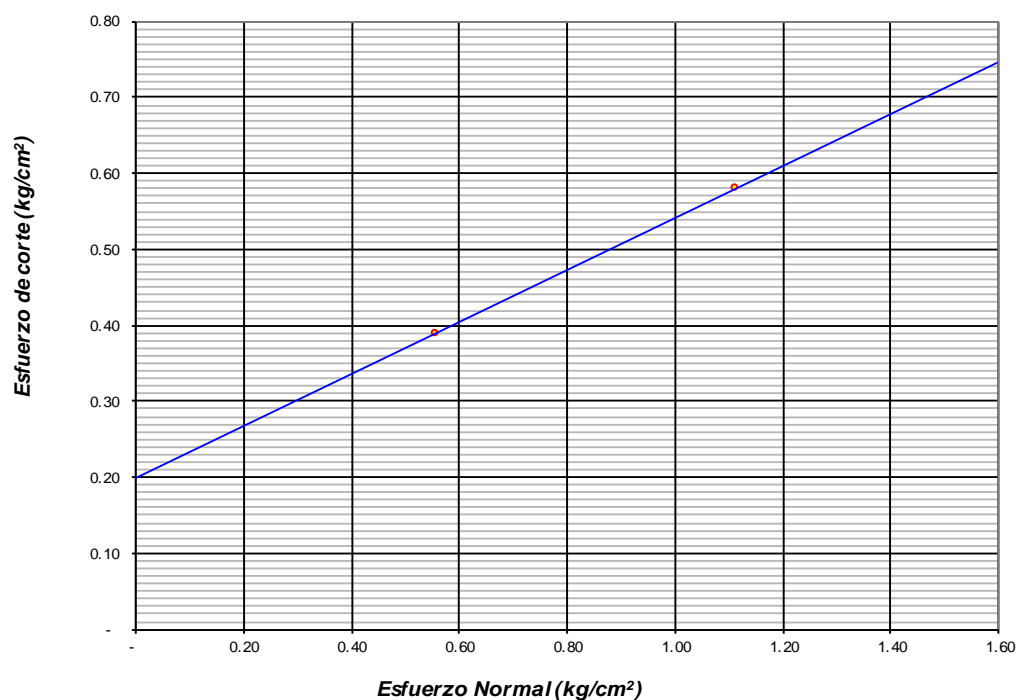


Figura 30: Representación gráfica del esfuerzo de corte vs esfuerzo normal. (Estudio de Suelos)

El Angulo de Fricción Interna seria en el ángulo de la recta.

$$\theta = \arctg(m) = \arctg\left(\frac{0.39 - 0.77}{0.56 - 1.67}\right) = 18.91 \approx 19^\circ$$

La cohesión gráficamente $C = 0.20 \text{ kg/cm}^2$

**Este mismo procedimiento se realizó con las 8 calicatas restantes en las cuales realizamos este ensayo para calcular el Ángulo de Fricción Interna y la Cohesión.

3.2.5.5 Trabajos de Gabinete

Los datos obtenidos en los trabajos anteriores se procesaron y analizaron según las normas y manuales de ensayos del MTC para la obtención de resultados del presente estudio, se presentan ordenados y con cuadros resúmenes para dar mayor claridad a la investigación. Los datos se presentarán en cuadros, diagramas, esquemas, fotos, informes, entre otros, en los cuales detallaremos los resultados de la investigación.

3.2.5.5.1 Clasificación de suelos

Mediante el uso de los sistemas de clasificación de suelos SUCS y AASHTO se pudo determinar el tipo de suelo de cada calicata estudiada.

Tomando como ejemplo la **Calicata C – 01** se determinó la clasificación para cada espécimen:

% que pasa la malla N°200 = 72.19 %

LL = 30.29

LP = 16.10

IP = 14.19

Según el método SUCS tenemos un suelo **CL**

Para el método AASHTO tenemos un suelo **A – 6 (8)**

3.2.5.5.2 Capacidad de carga admisible

Utilizando la metodología de Terzaghi se pudo determinar la carga admisible por falla de local para cimentaciones cuadradas.

Se realizaron los cálculos usando las ecuaciones *Ec.7 y Ec.8, Fig. 15 y Tabla 8 (págs. 30-31)*.

Tomando como ejemplo la Calicata C – 01, Los cálculos que se realizaron son para una cimentación cuadrada y para una falla por corte local.

$$q_c = 1.3 \left(\frac{2}{3} c \right) N'_c + \gamma D_f N'_q + 0.4 \gamma B N'_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{FS}$$

Datos:

Angulo de fricción interna : $\phi = 27^\circ$

Cohesión : $c = 0.20 \text{ kg/cm}^2$

Densidad Natural : $\gamma = 1.81 \text{ tn/m}^3 = 0.00181 \text{ kg/cm}^3$

Profundidad de cimentación : $D_f = 1.50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$

Factores de carga : $N'_c = 11.36$

$N'_q = 3.61$

$N'_\gamma = 1.03$

Ancho de la Cimentación : $B = 1.00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

Factor de Seguridad : 3

Capacidad de carga:

$$\begin{aligned}
 q_c &= 1.3 \left(\frac{2}{3} \times 0.20 \text{ kg/cm}^2 \right) (11.36) + (0.00181 \text{ kg/cm}^3) (150 \text{ cm}) (3.61) \\
 &\quad + (0.4) (0.00181 \text{ kg/cm}^3) (100 \text{ cm}) (1.03) \\
 q_c &= 1.9691 \text{ kg/cm}^2 + 0.9801 \text{ kg/cm}^2 + 0.0746 \text{ kg/cm}^2 \\
 q_c &= 3.0238 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Carga Admisible:

$$\begin{aligned}
 q_{adm} &= \frac{3.0238 \text{ kg/cm}^2}{3} \\
 q_{adm} &= 1.01 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Este mismo procedimiento se realizó con las 17 calicatas restantes para calcular su capacidad admisible, los cuales están resumidos en el cuadro anterior.

3.2.5.5.3 Análisis estadístico de los datos

También se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos en campo y laboratorio con la finalidad de determinar los valores representativos según la estadística.

Para ello usamos las siguientes ecuaciones: *Ec.24* y *Ec.25* (pag.51)

Los promedios son los más usados estos se usan desde los cálculos de contenido de humedad hasta el análisis y discusión de resultados.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

El rango se ha utilizado sobre todo para conocer los valores máximos y mínimos; así como la variación o amplitud que tienen; de algunos resultados bastante aplicados en el análisis y conclusiones de la zonificación.

$$R = \max(x_i) - \min(x_i)$$

3.2.5.5.4 Zonificación

La zonificación tiene dos partes que están conformadas por la Zonificación por Características Físicas y la Zonificación por Características Mecánicas.

La **Zonificación por Características Físicas**, se realizó tomando en cuenta la característica física más representativa que es el tipo de suelo para ellos usamos la clasificación de suelos por el método SUCS que viene a ser el más adecuado en el uso para el cual está determinada la investigación.

Considerando lo aquello en esta zonificación tendríamos 4 zonas distribuidas de la siguiente manera: **Zona CL** (9 calicatas) considerada la zona más extensa, **Zona SM – SC** (4 calicatas), **Zona CL – ML** (3 calicatas) y la **Zona OH** (2 calicatas)

La **Zonificación por Características Mecánicas**, se realizó considerando la única característica mecánica la capacidad admisible, esta se ha repartido en tres diferentes zonas considerando que según (Alva Hurtado & Lara Montani, 1991) toda la zona se considera habitable por tener una capacidad admisible mayor a 0.50 kg/cm^2 .

Teniendo en cuenta lo anterior se estableció tres zonas de acuerdo al criterio nuestro, considerando 3 zonas, que se delimitan de la siguiente manera: **Zona I** ($q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$) considerada la zona que tiene la mejor capacidad admisible, **Zona II** ($0.80 \text{ kg/cm}^2 \geq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$) una zona con capacidad admisible aceptable o media y la **Zona III** ($q_{adm} < 0.80 \text{ kg/cm}^2$) que viene a ser la zona con una capacidad portante baja pero no critica debido a que la capacidad admisible de esta zona es mayor a 0.50 kg/cm^2 .

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En base al estudio realizado y a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de laboratorio estos se presentan a continuación de manera detallada teniendo en cuenta los objetivos planeados inicialmente a realizar.

4.1 Características físicas del suelo

4.1.1 Características geológicas

4.1.1.1 Formaciones geológicas

Desde el punto de vista de la geología y según la carta nacional del INGEMET, la zona en estudio se encuentra en el cuadrante **14 – K** denominado también como **Utcurarca**.

Utilizando el **Mapa Geológico del Cuadrángulo Utcurarca**, podemos afirmar que en la zona de estudio se encuentran dos tipos formaciones Lito-estratigráficas ambas pertenecientes a la eratema **Cenozoica**, las cuales detallamos a continuación:

Un **80 %** aproximadamente del área de estudio pertenece a **Depósitos Aluviales**, ubicado entre las series: **Pleistocena** y **Holocena**, y perteneciente al sistema: **Cuaternario**

El **20 %** restante del área de estudio pertenece a la **Formación Ipururo**, ubicado entre las series: **Miocena** y **Pliocena**, y perteneciente al sistema: **Neógeno**

Utilizando el **Mapa Geológico** también podemos concluir, que en la zona de estudio no se encuentran ningún tipo de falla geológica; pero; la falla geológica más próxima es la denominada **Falla Aguano Muyuna**, que se encuentra aproximadamente a unos 36 km de distancia hacia el noroeste, una distancia relativamente cerca por ende esta se considera una zona con riesgo medio de actividad sísmica, así nos lo especifica la norma técnica **E.030 Diseño Sismoresistente**, que ubica al distrito de Picota en la **Zona 2** de cuatro zonas existentes, teniendo en cuenta que la Zona 4 es la de mayor riesgo.

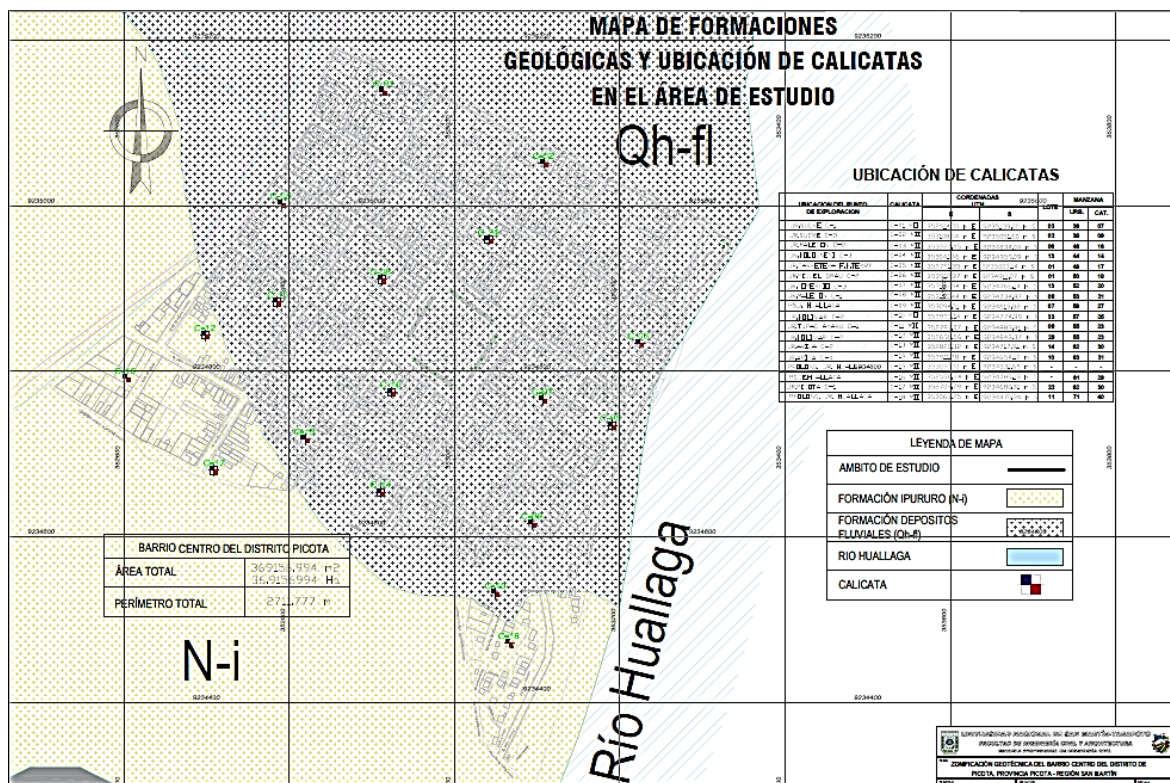
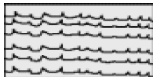



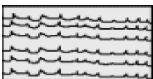





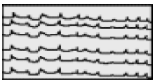











Figura 31: Formaciones Geológicas en el área de estudio. (Plano ZFG – U – 01)


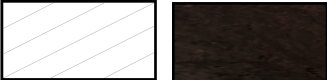




4.1.1.2 Estratigrafía del suelo


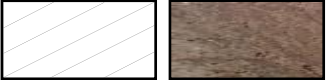




El siguiente cuadro resume los resultados obtenidos sobre la estratigrafía en los puntos en los cuales realizamos las exploraciones.


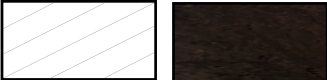






Tabla 29:
Estratigrafía del suelo


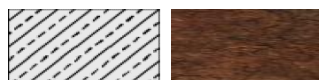

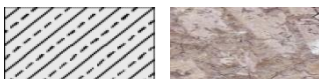


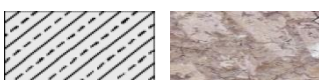

Calicata	Estratigrafía		
	Estrato I	Estrato II	Estrato II
C-01	<p>Prof.: 0.20</p>   <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=8.45 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>   <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 72.19%, con LL = 30.29%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 27.81% del total de la muestra. W%=8.01 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽⁸⁾</p>	---
	<p>Prof.: 0.20</p>   <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=12.58 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>   <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 76.14%, con LL = 30.18%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 23.86% del total de la muestra. W%=11.06 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽⁹⁾</p>	---


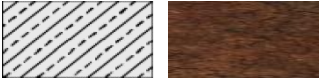
C-03	<p>Prof.: 0.20</p>   <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=11.58 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>   <p>Descripción: El suelo es una arcilla limosa inorgánica de mediana plasticidad, suelo consistente con presencia de finos en 67.13%, con LL = 23.24%, color grisáceo marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 32.87% del total de la muestra. W%=15.43 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽⁵⁾</p>	---
C-04	<p>Prof.: 0.20</p>   <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=12.99 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>   <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 95.93%, con LL = 42.90%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 4.07% del total de la muestra. W%=11.06 SUCS: CL AASHTO: A-7-6 ⁽²¹⁾</p>	---
C-05	<p>Prof.: 0.20</p>   <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=7.85 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>   <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 61.83%, con LL = 28.78%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 35.28% del total de la muestra. W%=6.01 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽⁵⁾</p>	---

C-06	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=8.54 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 85.95%, con LL = 30.67%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 14.05% del total de la muestra. W%=8.06 SUCS: CL AASHTO: A-6 ₍₁₀₎</p>	---
C-07	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=11.59 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 70.97%, con LL = 27.47%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 28.89% del total de la muestra. W%=11.05 SUCS: CL AASHTO: A-6 ₍₆₎</p>	---
C-08	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=11.12 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla limosa inorgánica de mediana plasticidad, suelo consistente con presencia de finos en 67.16%, con LL = 23.20%, color grisáceo marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 32.84% del total de la muestra. W%=15.30 SUCS: CL AASHTO: A-6 ₍₅₎</p>	---

C-09	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=10.85 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 52.89%, con LL = 24.98%, color grisáceo marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 47.11% del total de la muestra. W%=10.85 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽³⁾</p>	---
C-10	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=9.25 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia semi dura con presencia de finos en 72.14%, con LL = 27.48%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 27.86% del total de la muestra. W%=8.03 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽⁶⁾</p>	---
C-11	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=7.82 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 70.97%, con LL = 27.47%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 28.89% del total de la muestra. W%=6.05 SUCS: CL AASHTO: A-6 ⁽¹¹⁾</p>	---

C-12	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=4.98 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia semi dura con presencia de finos en 72.93%, con LL = 27.28%, color gris pardusco con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con porcentaje de arena del 27.07% del total de la muestra. W%=5.02 SUCS: CL AASHTO: A-6 ₍₆₎</p>	<p>---</p>
C-13	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=4.98 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.00</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla limosa inorgánica de densidad baja con arcilla delgada con arena, de plasticidad baja con 55.49% de finos, color pardusco claro, con una resistencia al corte regular de compresibilidad y expansión baja en condición saturada con % de arena 44.18. W%=6.02 SUCS: CL-ML AASHTO: A-4 ₍₀₎</p>	<p>Prof.: 0.80</p>  <p>Descripción: Material compacto compuesto por roca dura areniscas. W%= - - - SUCS: - - - AASHTO: Roca sana.</p>
C-14	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=9.06 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.00</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla limosa inorgánica de densidad baja con arcilla delgada con arena, de plasticidad baja con 53.70% de finos, color pardusco claro, con una resistencia al corte regular de compresibilidad y expansión baja en condición saturada con % de arena 46.17 W%=6.05 SUCS: CL-ML AASHTO: A-4 ₍₀₎</p>	<p>Prof.: 0.80</p>  <p>Descripción: Material compacto compuesto por roca dura areniscas. W%= - - - SUCS: - - - AASHTO: Roca sana.</p>

C-15	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=5.73 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: Suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, color mate marrón rojizo arcilla de consistencia semi dura, resistencia en seco alta, con dilatancia nula, tenacidad alta con presencia de finos en un 93.06% con LL = 54.27% con resistencia al corte deficiente en estado saturado con presencia de arena en un 6.94%. W%=5.99 SUCS: OH AASHTO: A-7-6₍₃₂₎</p>	<p>---</p>
C-16	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=4.85 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.00</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla limosa inorgánica de densidad baja con arcilla delgada con arena, de plasticidad baja con 53.80% de finos, color pardusco claro, con una resistencia al corte regular de compresibilidad y expansión baja en condición saturada con % de arena 46.10. W%=5.01 SUCS: CL-ML AASHTO: A-4₍₀₎</p>	<p>Prof.: 0.80</p>  <p>Descripción: Material compacto compuesto por roca dura areniscas. W%= - - - SUCS: - - - AASHTO: Roca sana.</p>
C-17	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=8.62 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.00</p>  <p>Descripción: El suelo es una arcilla limosa inorgánica de densidad baja con arcilla delgada con arena, de plasticidad baja con 53.76% de finos, color pardusco claro, con una resistencia al corte regular de compresibilidad y expansión baja en condición saturada con % de arena 46.08 W%=5.01 SUCS: CL-ML AASHTO: A-4₍₀₎</p>	<p>Prof.: 0.80</p>  <p>Descripción: Material compacto compuesto por roca dura areniscas. W%= - - - SUCS: - - - AASHTO: Roca sana.</p>

C-18	<p>Prof.: 0.20</p>  <p>Descripción: Material orgánico compuesto de turba de 0.20 metros. W%=6.80 SUCS: Pt AASHTO: --</p>	<p>Prof.: 2.80</p>  <p>Descripción: Suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, color marrón rojizo arcilla de consistencia dura, resistencia en seco alta, con dilatancia nula, tenacidad alta con presencia de finos en un 91.08% con LL = 53.14% con resistencia al corte deficiente en estado saturado con presencia de arena en un 8.92%. W%=4.96 SUCS: OH AASHTO: A-7-6₍₃₀₎</p>	---

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Clasificación de los suelos

En el siguiente cuadro se resume la clasificación de los suelos tanto SUCS como AAHSTO, estas se realizaron con la ayuda de los cuadros correspondientes para realizar la clasificación.

Tabla 30:
Clasificación de suelos

Ítem	SUCS	AAHSTO	Ítem	SUCS	AAHSTO
C-01	CL	A-6 ₍₈₎	C-10	CL	A-6 ₍₆₎
C-02	CL	A-6 ₍₉₎	C-11	CL	A-6 ₍₁₁₎
C-03	CL	A-6 ₍₅₎	C-12	CL	A-6 ₍₆₎
C-04	CL	A-7-6 ₍₂₁₎	C-13	CL-ML	A-4 ₍₀₎
C-05	CL	A-6 ₍₅₎	C-14	CL-ML	A-4 ₍₀₎
C-06	CL	A-6 ₍₁₀₎	C-15	OH	A-7-6 ₍₃₂₎
C-07	CL	A-6 ₍₆₎	C-16	CL-ML	A-4 ₍₀₎
C-08	CL	A-6 ₍₅₎	C-17	CL-ML	A-4 ₍₀₎
C-09	CL	A-6 ₍₃₎	C-18	OH	A-7-6 ₍₃₀₎

Fuente: elaboración propia

4.1.3 Granulometría

En este cuadro se resume la granulometría de todos los suelos estudiados en el cual tomamos como referencia la composición y el porcentaje pasante.

Tabla 31:
Distribución granulométrica

Ítem	Composición %			% que pasa			
	Grava	Arena	Limos y Arcillas	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
C-01	0.00	27.81	72.19	100.00	99.88	98.78	72.19
C-02	0.00	23.86	76.14	100.00	99.92	99.04	76.14
C-03	0.00	32.87	67.13	100.00	99.80	98.38	67.13
C-04	0.00	4.07	95.93	100.00	99.96	99.34	95.93
C-05	2.89	35.28	61.83	97.11	95.34	87.39	61.83
C-06	0.00	14.05	85.95	100.00	99.94	99.20	85.95
C-07	0.14	25.63	74.23	99.86	99.37	97.41	74.23
C-08	0.00	32.84	67.16	100.00	99.80	98.38	67.16
C-09	0.00	47.11	52.89	100.00	99.68	93.30	52.89
C-10	0.00	27.86	72.14	100.00	99.80	97.75	72.14
C-11	0.00	22.33	77.67	100.00	99.86	92.21	77.67
C-12	0.00	27.07	72.93	100.00	99.82	97.83	72.93
C-13	0.33	44.18	55.49	99.67	99.43	98.39	55.49
C-14	0.12	46.17	53.70	99.88	99.02	92.34	53.70
C-15	0.00	6.94	93.06	100.00	100.00	99.84	93.06
C-16	0.11	46.10	53.80	99.88	99.03	92.40	53.80
C-17	0.17	46.08	53.76	99.83	99.10	92.66	53.76
C-18	0.00	8.92	91.08	100.00	100.00	99.79	91.08

Fuente: elaboración propia

4.1.4 Contenido de humedad

En este cuadro a continuación se observa el resumen del contenido de humedad obtenido en cada uno de los especímenes estudiados correspondiente a cada calicata.

Tabla 32:
Contenido de humedad promedio

Ítem	Contenido de humedad W (%)	Ítem	Contenido de humedad W (%)
C-01	8.01	C-10	8.03
C-02	11.06	C-11	6.05
C-03	15.43	C-12	5.02
C-04	11.06	C-13	6.02
C-05	6.01	C-14	6.05
C-06	8.06	C-15	5.99
C-07	11.05	C-16	5.01
C-08	15.30	C-17	5.01
C-09	14.99	C-18	4.96

Fuente: elaboración propia

4.1.5 Densidad aparente y peso volumétrico

En este cuadro se resume la densidad aparente obtenida del método del remplazo de arena y el obtenido en laboratorio.

Tabla 33:
Densidad y peso volumétrico

Ítem	Densidad aparente δ_a (tn/m ³)	Peso volumetrico γ (tn/m ³)	Ítem	Densidad aparente δ_a (tn/m ³)	Peso volumetrico γ (tn/m ³)
C-01	1.81	1.81	C-10	1.79	1.79
C-02	---	1.78	C-11	---	1.81
C-03	1.81	1.81	C-12	1.81	1.81
C-04	1.79	1.79	C-13	---	1.82

C-05	---	1.81	C-14	1.83	1.83
C-06	---	1.79	C-15	1.77	1.77
C-07	1.78	1.78	C-16	---	1.83
C-08	1.80	1.80	C-17	1.85	1.85
C-09	---	1.82	C-18	---	1.67

Fuente: elaboración propia

4.1.6 Plasticidad

Este cuadro resume la plasticidad de los suelos estudiados, el Limite Liquido (LL), Limite Plástico (LP) y el Índice de Plasticidad (IP).

Tabla 34:
Parámetros de plasticidad

Ítem	LL	LP	IP	Ítem	LL	LP	IP
C-01	30.29	16.10	14.19	C-10	27.48	15.56	11.92
C-02	30.18	16.21	13.97	C-11	33.96	18.20	15.76
C-03	23.24	10.10	13.14	C-12	27.28	14.62	12.66
C-04	42.90	22.53	20.37	C-13	23.01	17.99	5.02
C-05	28.78	15.81	12.97	C-14	21.66	15.82	5.84
C-06	30.67	17.92	12.75	C-15	54.27	24.00	30.27
C-07	27.47	15.50	11.97	C-16	21.64	15.80	5.84
C-08	23.20	10.28	12.92	C-17	21.61	15.81	5.80
C-09	24.98	11.85	13.13	C-18	53.14	23.55	29.59

Fuente: elaboración propia

4.1.7 Cohesión

El cuadro a continuación resume el parámetro de la Cohesión obtenida de los especímenes que se sometieron al Ensayo de Corte Directo, y el resto el cual fueron relacionados considerando el tipo de suelo y la calicata más cercana.

Tabla 35:
Cohesión

Ítem	Cohesión c (kg/cm ²)	Ítem	Cohesión c (kg/cm ²)
C-01	0.20	C-10	0.18
C-02	0.20	C-11	0.20
C-03	0.11	C-12	0.20
C-04	0.20	C-13	0.13
C-05	0.20	C-14	0.13
C-06	0.18	C-15	0.31
C-07	0.18	C-16	0.14
C-08	0.12	C-17	0.14
C-09	0.12	C-18	0.31

Fuente: elaboración propia

4.1.8 Ángulo de fricción interna

El siguiente cuadro resume los resultados del Angulo de Fricción Interna obtenido de los especímenes que se sometieron al Ensayo de Corte Directo, y el resto el cual fueron relacionados considerando el tipo de suelo y la calicata más cercana.

Tabla 36:
Ángulos de fricción interna

Ítem	Angulo de fricción interna θ	Ítem	Angulo de fricción interna θ
C-01	19	C-10	18
C-02	16	C-11	20
C-03	15	C-12	20
C-04	16	C-13	26
C-05	20	C-14	26
C-06	18	C-15	8

C-07	<i>16</i>	C-16	<i>27</i>
C-08	<i>17</i>	C-17	<i>27</i>
C-09	<i>17</i>	C-18	<i>8</i>

Fuente: elaboración propia

4.2 Características mecánicas del suelo

4.2.1 Capacidad admisible

El cuadro siguiente resume la capacidad admisible del suelo calculada mediante la teoría de Terzaghi, considerando una falla por corte local, para una cimentación cuadrada y un factor de seguridad igual a 3.

Tabla 37:
Capacidad admisible

Ítem	Capacidad admisible σ_a (kg/cm ²)	Ítem	Capacidad admisible σ_a (kg/cm ²)
C-01	<i>1.01</i>	C-10	<i>0.91</i>
C-02	<i>0.88</i>	C-11	<i>1.06</i>
C-03	<i>0.58</i>	C-12	<i>1.06</i>
C-04	<i>0.88</i>	C-13	<i>1.19</i>
C-05	<i>1.06</i>	C-14	<i>1.19</i>
C-06	<i>0.91</i>	C-15	<i>0.82</i>
C-07	<i>0.82</i>	C-16	<i>1.33</i>
C-08	<i>0.68</i>	C-17	<i>1.34</i>
C-09	<i>0.68</i>	C-18	<i>0.81</i>

Fuente: elaboración propia

4.3 Zonificación del área de estudio de acuerdo a las características físicas del suelo.

El cuadro a continuación resume la zonificación de las características físicas tal y como fue planteado en la metodología considerando el tipo de suelo según la clasificación SUCS.

Tabla 38:

Zonificación de acuerdo a las características físicas del suelo. (Ver plano Z-CF-01)

Tipo de suelo	Calicata	Tipo de suelo	Calicata
CL	C-01	CL	C-10
	C-02		C-11
	C-03		C-12
	C-04	CL-ML	C-13
	C-05		C-14
	C-06		C-16
	C-07		C-17
	C-08	OH	C-15
	C-09		C-18

Fuente: elaboración propia

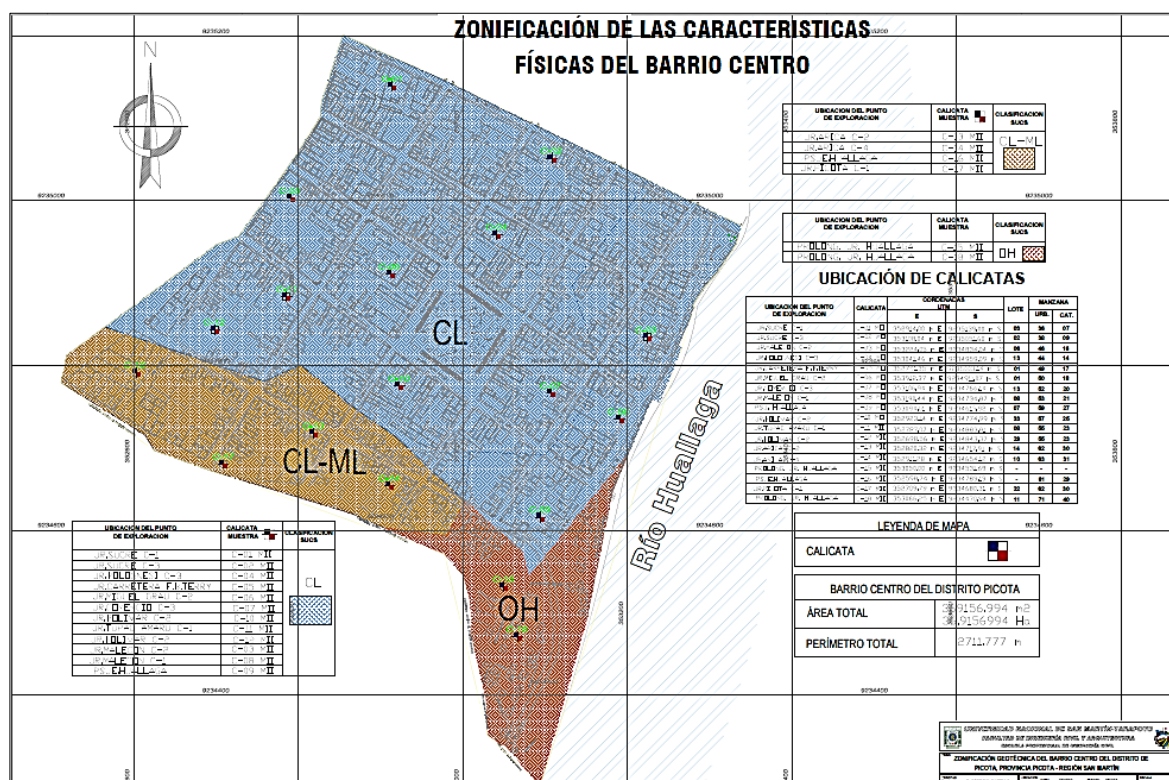


Figura 32: Zonificación de las características físicas. (Plano ZCF – 01)

4.4 Zonificación del área de estudio de acuerdo a las características mecánicas del suelo.

El siguiente cuadro resume la zonificación de las características mecánicas tal y como fue planteado en la metodología considerando la división de zona por su capacidad admisible:

Zona I ($q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$), **Zona II** ($0.80 \text{ kg/cm}^2 \leq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$) y la **Zona III** ($q_{adm} < 0.80 \text{ kg/cm}^2$).

Tabla 39:

Zonificación de acuerdo a las características mecánicas del suelo. (Ver plano Z-CM-01)

Zona	Capacidad admisible $\sigma_a \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	Calicata
ZONA I $q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$	1.34	C-17
	1.33	C-16
	1.19	C-14
	1.19	C-13
	1.06	C-12
	1.06	C-05
	1.06	C-11
	1.01	C-01
ZONA II $0.80 \text{ kg/cm}^2 \leq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$	0.91	C-10
	0.91	C-06
	0.88	C-04
	0.88	C-02
	0.82	C-07
	0.82	C-15
	0.81	C-18
ZONA III $q_{adm} < 0.80 \text{ kg/cm}^2$	0.68	C-09
	0.68	C-08
	0.58	C-03

Fuente: elaboración propia

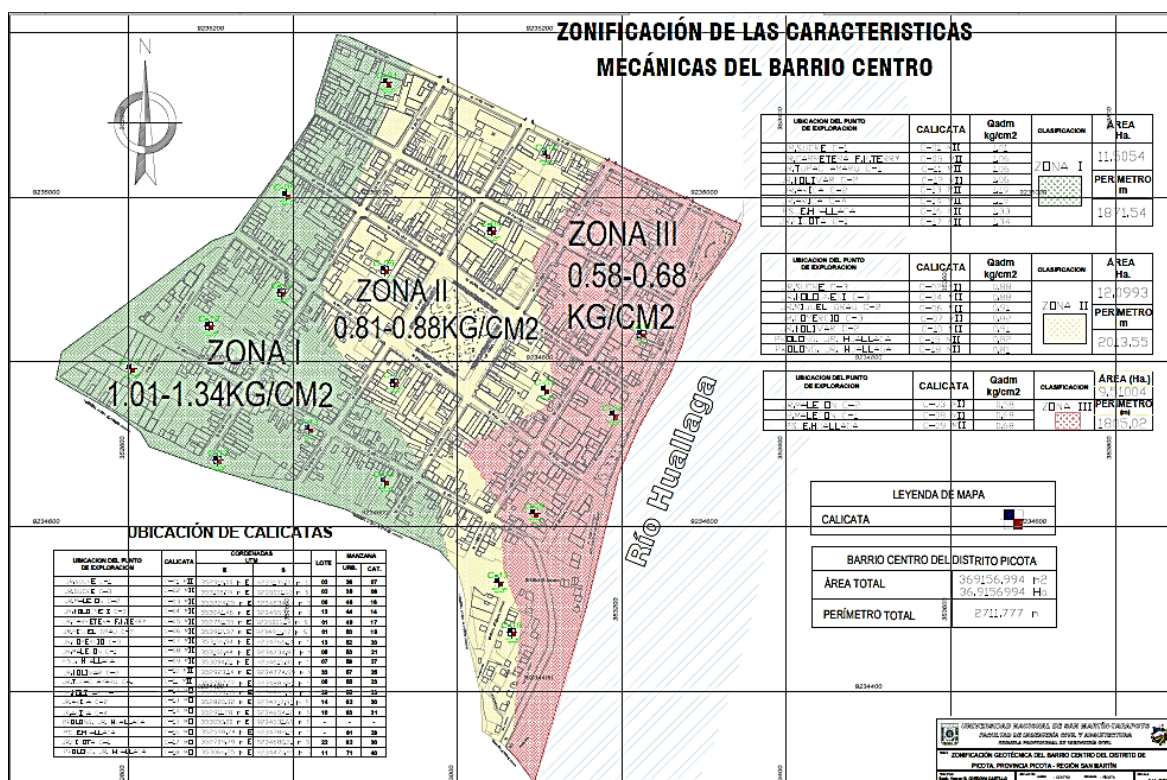


Figura 33: Zonificación de las características mecánicas. (Plano ZCM – 01)

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los análisis e interpretación de los resultados se da de acuerdo a la información obtenida en las diferentes fases de la investigación. Esto nos sirve para poder validar la hipótesis. Con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio de esta tesis, se procesó la información obtenida mediante los cálculos realizados tanto en campo como en laboratorio y en gabinete. Además, se realizarán graficas en el programa de Excel, para una mejor comprensión de los resultados. Se presentan los resultados en orden, partiendo desde el inicio de la investigación hasta el final de la misma.

5.1 Análisis de Resultados

El análisis de resultados se da en base a los trabajos de campo que fue realizado mediante los 18 puntos de exploración a cielo abierto, asimismo con la información recopilada de los ensayos de laboratorio, de campo y de gabinete, se pudo realizar una zonificación geotécnica del Barrio Centro del Distrito de Picota.

Para mejor comprensión se zonifico en tres (03), en los cuales se ejecutaron procesos los que a continuación describimos:

5.1.1 Exploración de Suelos

Antes de seleccionar los puntos de las calicatas se hizo un recorrido por toda el área de estudio, teniendo en cuenta aspectos topográficos y teniendo como referencia las formaciones que encontramos en el plano FG-U-01 (ver anexo). Para la elección de números de calicatas a realizar se trabajó con la fórmula de muestro diferencial, obteniendo un resultado de 18 calicatas ubicadas teniendo en cuenta el plano topográfico PT-01(ver anexo) como se indica a continuación:

1. La parte alta corresponde al área donde se excavaron 8 calicatas, C-01, C-05, C-11, C-12, C-13, C-14, C-16, C-17. Tal como se detalle en el plano de Zonificación de las Características Mecánicas (Z-CM-01).
2. La parte media corresponde al área donde se excavaron 7 calicatas, C-02, C-04, C-06, C-07, C-10, C-15, C-18. Tal como se detalle en el plano de Zonificación de las Características Mecánicas (Z-CM-01).

3. La parte baja corresponde al área donde se excavaron 3 calicatas, C-03, C-08, C-09. Tal como se detalle en el plano de Zonificación de las Características Mecánicas (Z-CM-01). Ver en Anexos.

A su vez se tuvo en cuenta el tipo de formaciones geológicas. La formación Ipururo que abarca la mayor área y la formación de Depósitos Aluviales.

Para la determinación de la profundidad de exploración de las calicatas se aplicó el teorema de Boussinesq, el cual determina que para una profundidad mínima de cimentaciones superficiales y considerando un ancho de cimentación en la condición más crítica de 1.00m logró determinar que a una profundidad mínima de 3.00m la carga se disipa en un orden menor al 10%. Motivo que las excavaciones tienen una profundidad de 3.00m. En todas las calicatas se encontró dos estratos, un primer estrato que corresponde material orgánico o turba (Pt) con un espesor de 0.20 m y en la mayoría de calicatas los otros 2.80 m restantes corresponden a un único estrato representado por el tipo de suelo que se halló en cada calicata.

5.1.2 Ensayos de Laboratorio

El ensayo de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional San Martín, en la ciudad de Tarapoto.

De acuerdo a los resultados obtenidos tendremos un análisis, tal como se indica a continuación:

5.1.2.1 Análisis de las características físicas

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), se ha determinado 03 (tres) tipos de suelo: CL (arcilla de baja plasticidad), CL-ML (limo arcilloso de baja plasticidad) y OH (limo arcilloso orgánico) esta variedad de los suelos se debe a los procesos de formación de estos ya que la zona de estudio está conformada por suelos transportados.

Según la granulometría tenemos suelos de grano fino compuestos en su mayoría por limos y arcillas. El porcentaje de grava varía entre 0.00% y 2.89% con un promedio de 0.21%, el porcentaje de arena varía entre 4.07% y 47.11% con un promedio de 28.84%, finalmente el porcentaje de Limos y Arcillas varía entre 52.89% y 95.93% con un promedio de 70.95%. Esto se debe a la diversidad en los procesos de conformación de un suelo, dado que en esta zona son en parte suelos transportados y a esto se debe su variedad en la granulometría.

La humedad natural varía entre 4.96% y 15.43% con un promedio de 8.51%, esto indica que los suelos tienen una humedad variable que a su vez se puede contrastar con la topografía de la zona de estudio y con la cercanía de algunas calicatas al río Huallaga.

Según los parámetros de densidad esta varía entre 1.67 g/cm^3 y 1.85 g/cm^3 con un promedio de 1.80 g/cm^3 , una densidad variable, en algunos casos el mismo tipo de suelo tiene diferente densidad esto se debe al proceso de consolidación de los suelos y también se origina por el arrastre de estos que al erosionarse se depositan en las partes bajas, pero con menor compactación.

Según la plasticidad de los suelos el límite líquido varía entre 21.61 % y 54.27% con un promedio de 30.32%, el límite plástico varía entre 10.10% y 24.00% con un promedio de 16.54% y el índice de plasticidad varía entre 5.02% y 30.27% con un promedio de 13.78%. Estos valores varían debido al porcentaje de arcilla por el cual están compuestos los suelos, los suelos con mayor índice de plasticidad indican un mayor porcentaje de arcilla y viceversa.

Los valores de la cohesión varían entre 0.11 kg/cm^2 y 0.31 kg/cm^2 con un promedio de 0.18 kg/cm^2 . Esta también depende de la cantidad de arcilla que posee un suelo un suelo arcilloso tiende a ser más cohesivo, en este caso el contenido de humedad juega un rol importante ya que de este depende el comportamiento de este tipo de suelo que al saturarse se vuelven blandos.

En el caso del ángulo de fricción interna este varía entre 8° y 27° con un promedio de 18.56° . Este valor del contenido de arena un suelo con mayor cantidad de arena tiende a tener un ángulo de fricción mayor debido al rozamiento que existen entre sus partículas, es inversamente proporcional a la cohesión.

5.1.2.2 Análisis de las características mecánicas

Según la teoría de Terzaghi y teniendo en cuenta la falla por corte local, la capacidad admisible del suelo varía entre 0.58 kg/cm^2 y 1.34 kg/cm^2 y un promedio de 0.96 kg/cm^2 de los cuales solo 08 (ocho) calicatas arrojaron resultados mayores o iguales a 1.00 kg/cm^2 . Esta variación de valores entre suelos del mismo tipo se debe a diferentes factores que intervienen en el cálculo de la capacidad portante de un suelo entre ellos tenemos:

Un suelo más denso tiende a tener una mayor capacidad portante que uno que tenga una menor densidad.

Un mayor ángulo de fricción interna asegura una mayor capacidad portante, pero a su vez tendrá una menor cohesión que a su vez también aporta positivamente en el cálculo de la capacidad portante.

La cohesión también influye positivamente en el cálculo de la capacidad portante, pero a su vez el ángulo de fricción interna tiende a ser menor, un suelo con mayor ángulo fricción interna y menor cohesión tendrá una mayor capacidad portante que un suelo en valores opuestos al antes mencionado.

5.2 Discusión de los Resultados

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos y complementándonos con el análisis estadístico y teniendo como referencia el estudio de suelo “Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo”, estudio realizado por INDECI, se procede evaluar cómo se indica a continuación:

1. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), los suelos encontrados en el Barrio Centro del Distrito de Picota, contiene características físicas diferentes, encontramos suelos CL, CL-ML, y OH. Esto indica que tenemos un suelo heterogéneo de acuerdo a la Estadística Descriptiva.

Entonces teniendo como referencia el estudio de suelo “Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo”, estudio realizado por INDECI, en el cual se encontraron suelos de tipo CL y SC, se nota la gran diferencia entre un suelo y otro, esto debido a las diferentes formaciones, la presencia de un río, la topografía del terreno, entre otros.

2. En base a los resultados de las propiedades mecánicas, Capacidad Admisible, nos regimos a la Norma E-050, Artículo 17 del R.N.E, donde indica que la presión admisible de un estudio será el menor valor. Teniendo en cuenta lo mencionado tenemos los siguientes valores por zonas, como se detalla a continuación:

Zona I: La Carga Admisible varía entre 1.01 kg/cm^2 a 1.34 kg/cm^2 , y de acuerdo a lo mencionado líneas arriba, consideraremos una Carga Admisible de 1.01 kg/cm^2 . Esta zona abarca las calicatas C-01, C-05, C-11, C-12, C-13, C-14, C-16, C-17; todas repartidas en la parte superior del Barrio Centro de Picota.

Zona II: La Carga Admisible varía entre 0.81 kg/cm^2 a 0.91 kg/cm^2 , y de acuerdo a lo mencionado líneas arriba, consideraremos una Carga Admisible de 0.81 kg/cm^2 .

Esta zona abarca las calicatas C-02, C-04, C-06, C-07, C-10, C-15, C-18; estas ubicadas en la parte centro del Barrio Centro de Picota.

Zona III La Carga Admisible varía entre 0.58 kg/cm^2 a 0.68 kg/cm^2 , y de acuerdo a lo mencionado líneas arriba, consideraremos una Carga Admisible de 0.58 kg/cm^2 . Esta zona abarca las calicatas C-03, C-08, C-09; ubicadas cerca al río Huallaga del Barrio Centro de Picota.

Entonces teniendo como referencia el estudio de suelo “Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo”, estudio realizado por INDECI, se encuentra capacidades portantes de suelos muy por encima en nuestra área de estudio, teniendo así un mejor suelo y/o terreno de fundaciones para las futuras edificaciones.

5.3 Contrastación de Hipótesis

El estudio minucioso que se realizó desde la recopilación de información, ubicación y cantidad de calitas a realizar, de extraer y llevar las pruebas inalteradas al laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas y posteriormente obtener los datos de estas propiedades, ayudó tanto a clasificar de acuerdo al Sistema Unificado de Suelos (S.U.C.S) y AASHTO, así como también a determinar la Carga Admisible de los suelos de nuestra área de estudio.

Es así que, finalmente, de lo anteriormente mencionado se puede afirmar que; se puede conocer los valores de las características geológicas y geotécnicas del suelo del Barrio Centro del Distrito de Picota mediante el estudio de Mecánica de Suelos, lo cual nos permitirá realizar la zonificación geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota; con la finalidad de proveer información técnica para la construcción de futuras edificaciones.

Por lo tanto, se concluye que **la hipótesis a demostrar si es válida**, por lo cual se está cumpliendo con los objetivos planteados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se logró realizar la zonificación geotécnica de los suelos del Barrio Centro del distrito de Picota según el área delimitada, Provincia Picota – Región San Martín. Ver planos en los anexos.
2. De acuerdo a nuestra investigación sobre las características físicas del suelo del Barrio Centro del distrito de Picota concluimos lo siguiente:
 - 2.1 El área de estudio presenta dos tipos de formaciones geológicas. La formación **Ipururo** que abarca la mayor área y la formación de **Depósitos Aluviales**. Se detalla en el plano que se adjunta en los anexos. (Ver plano FG-U-01 de los anexos).
 - 2.2 En todas las calicatas se encontró dos estratos, un primer estrato que corresponde material orgánico o turba (Pt) con un espesor de 0.20 m y en la mayoría de calicatas los otros 2.80 m restantes corresponden a un único estrato representado por el tipo de suelo que se halló en cada calicata.
 - 2.3 De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), se ha determinado 03 (tres) tipos de suelo (*Ver plano Z-CF-01 de los anexos*):

CL (arcilla de baja plasticidad), es el suelo predominante en la zona de estudio con un total de 09 (nueve) calicatas que arrojaron este tipo de suelo.

CL-ML (limo arcilloso de baja plasticidad), con un total de 04 (cuatro) calicatas que arrojaron este tipo de suelo.

OH (limo arcilloso orgánico), es el suelo más particular en la zona de estudio con un total de 02 (dos) calicatas que arrojaron este tipo de suelo.
 - 2.4 Respecto a la granulometría se puede afirmar con todos los suelos estudiados son de grano fino compuestos en su mayoría por limos y arcillas. El porcentaje de grava varía entre 0.00% y 2.89% con un promedio de 0.21%, el porcentaje de arena varía entre 4.07% y 47.11% con un promedio de 28.84%, finalmente el porcentaje de Limos y Arcillas varía entre 52.89% y 95.93% con un promedio de 70.95%.

- 2.5 El contenido de humedad varía entre 4.96% y 15.43% con un promedio de 8.51%.
- 2.6 La densidad aparente varía entre 1.67 g/cm³ y 1.85 g/cm³ con un promedio de 1.80 g/cm³.
- 2.7 El limite liquido varía entre 21.61 % y 54.27% con un promedio de 30.32%, el límite plástico varía entre 10.10% y 24.00% con un promedio de 16.54% y el índice de plasticidad varía entre 5.02% y 30.27% con un promedio de 13.78%.
- 2.8 La cohesión varía entre 0.11 kg/cm² y 0.31 kg/cm² con un promedio de 0.18 kg/cm².
- 2.9 El ángulo de fricción interna varía entre 8° y 27° con un promedio de 18.56°.
3. De acuerdo a nuestra investigación sobre las características mecánicas del suelo del Barrio Centro del distrito de Picota concluimos lo siguiente:

La capacidad admisible del suelo varía entre 0.58 kg/cm² y 1.34 kg/cm² y un promedio de 0.96 kg/cm² de los cuales solo 08 (ocho) calicatas arrojaron resultados mayores o iguales a 1.00 kg/cm².
4. Con los datos obtenidos se realizó la zonificación geotécnica de las características físicas, tomando en cuenta el tipo de suelo en 04 (cuatro) zonas, de la siguiente manera (*Ver planos Z-CF-01 de los anexos*):

Zona CL (arcilla de baja plasticidad), conformada por 09 (nueve) calicatas, la granulometría refleja suelo fino con porcentajes que pasan la malla Nro. 200 que varían entre 52.89% y 95.93% con un promedio de 73.016%, el limite líquido varía entre 23.20% y 42.90% con un promedio de 29.203%, el limite plástico varía entre 10.10% y 22.53% con un promedio de 15.390% y el índice plástico varía entre 11.92% y 20.37% con un promedio de 13.812%.

Zona CL-ML (limo arcilloso de baja plasticidad), conformada por 04 (cuatro) calicatas, la granulometría refleja suelo fino con porcentajes que pasan la malla Nro. 200 que varían entre 53.70% y 55.49% con un promedio de 54.188%, el limite líquido varía entre 21.61% y 23.01% con un promedio de 21.980%, el limite plástico varía entre 15.80% y 17.99% con un promedio de 16.355% y el índice plástico varía entre 5.02% y 5.84% con un promedio de 5.625%.

Zona OH (limo arcilloso orgánico), es conformada por 02 (dos) calicatas, la granulometría refleja suelo fino con porcentajes que pasan la malla Nro. 200 que varían entre 91.08% y 93.06% con un promedio de 92.070%, el límite líquido varía entre 53.14% y 54.27% con un promedio de 53.701%, el límite plástico varía entre 23.55% y 24.00% con un promedio de 23.775% y el índice plástico varía entre 29.59% y 30.27% con un promedio de 29.926%.

5. Con los datos obtenidos se realizó la zonificación geotécnica de las características mecánicas, tomando en cuenta la única característica mecánica: la capacidad admisible; en 03 (tres) zonas, de la siguiente manera (*Ver planos Z-CM-01 de los anexos*):

La Zona I ($q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$) que abarcan 08(ocho) calicatas, cuya capacidad admisible varía entre 1.01 kg/cm^2 y 1.34 kg/cm^2 , con un promedio de carga admisible de 1.155 kg/cm^2 y presenta dos tipos de suelo CL-ML (limo arcilloso de baja plasticidad) y CL (arcilla de baja plasticidad). El peso unitario varía entre 1.81 tn/m^3 y 1.85 tn/m^3 con un promedio de 1.821 tn/m^3 . El ángulo de fricción interna varía entre 19° y 27° con un promedio de 23.125° y la cohesión varía entre 0.14 kg/cm^2 y 0.20 kg/cm^2 con un promedio de 0.168 kg/cm^2 .

La Zona II ($0.80 \text{ kg/cm}^2 \leq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$) que abarcan 07(siete) calicatas, cuya capacidad admisible varía entre 0.81 kg/cm^2 y 0.91 kg/cm^2 , con un promedio de carga admisible de 0.861 kg/cm^2 y presenta dos tipos de suelo OH (limo arcilloso orgánico) y CL (arcilla de baja plasticidad), este último como el suelo predominante. El peso unitario varía entre 1.67 tn/m^3 y 1.79 tn/m^3 con un promedio de 1.767 tn/m^3 . El ángulo de fricción interna varía entre 8° y 18° con un promedio de 14.286° y la cohesión varía entre 0.18 kg/cm^2 y 0.31 kg/cm^2 con un promedio de 0.223 kg/cm^2 .

La Zona III ($q_{adm} < 0.80 \text{ kg/cm}^2$) que abarcan 03(tres) calicatas, cuya capacidad admisible varía entre 0.58 kg/cm^2 y 0.68 kg/cm^2 , con un promedio de carga admisible de 0.647 kg/cm^2 y presenta un solo tipo de suelo CL (arcilla de baja plasticidad). El peso unitario varía entre 1.80 tn/m^3 y 1.82 tn/m^3 con un promedio de 1.810 tn/m^3 . El ángulo de fricción interna varía entre 15° y 17° con un promedio de 16.333° y la cohesión varía entre 0.11 kg/cm^2 y 0.12 kg/cm^2 con un promedio de 0.117 kg/cm^2 .

Recomendaciones

1. Teniendo en cuenta la clasificación y sus características físicas y mecánicas de los suelos en el Barrio Centro, se recomienda considerar La Zona I como zona urbana, La Zona II como Zona Urbanizable, (ambos considerados el casco urbano actual), y la Zona III como una Zona no urbanizable, este último por su baja nivel de carga admisible.
2. Se recomienda considerar zapatas rectangulares superficiales desplantadas a 1.50 m de profundidad mínima, conectadas con vigas y/o plateas de cimentación en las zonas I y II, consideradas como zonas que pueden ser urbanizados.
3. Para la Zona III se recomienda utilizar como área de recreación y si se desea realizar cacetes de vigilancia u otro tipo de edificación menor, realizarlo de un solo piso, usando materiales livianos, tales como madera, entre otros.
4. Previamente a las labores de excavación de las zanjas para los cimientos de los edificios, deberán eliminarse todos los materiales de relleno, en los lugares que existe y, realizar los estudios de sitio que correspondan, para garantizar la seguridad y vida útil de las edificaciones.
5. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Picota utilizar el presente trabajo para brindar a la población del Distrito de Picota los datos necesarios, teniendo en cuenta las limitaciones de la investigación, para que puedan realizar edificaciones y así tener un crecimiento urbanístico ordenado.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Alva Hurtado, J. E., & Lara Montani, J. L. (1991). *Microzonificación Sísmica de las Ciudades de Moyobamba, Rioja, Soritor*. Lima.
- Alvarez Cáceres, R. (2007). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Becerra V., O. E. (18 de Octubre de 2017). <https://nticsaplicadasalainvestigacion.wikispaces.com>. Obtenido de <https://nticsaplicadasalainvestigacion.wikispaces.com/file/view/guia+para+elaboracion+de+instrumentos.pdf>
- Braja M. Das. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.
- Castro Cuba, M. E., Chang, L., & Salas, L. R. (2003). *Zonificación geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Editorial limusa s.a.
- Dal-Re Tenreiro, R. (2001). *Caminos rurales: Proyecto y construcción*. Madrid: Ediciones mundi-prensa.
- Flores Pinedo, K. (2015). *Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo de la Localidad de Sauce, Distrito de Sauce, Provincia de San Martín - Región San Martín*. Tarapoto.
- INDECI. (2004). *Mapa de peligros de la ciudad de San Hilarion*. San Hilarion.
- Jiménez Flores, J. F. (2010). *Zonificación de la capacidad portante del distrito de la Banda de Shilcayo*. Tarapoto.
- Marquez, R. (28 de abril de 2012). *IMIC: Instituto Mexicano de Ingeniería de Costos*. Obtenido de <http://imic.mx/blog/?p=245>
- Monroe, J. S., Wicander, R., & Pozo, M. (2008). *Geología: Dinámica y evolución de la tierra*. España: Edición Española.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima.

- Rico Rodríguez, A., & Del Castillo, H. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. México: Editorial limusa s.a.
- Rocha Sandoval, C. A. (2010). *Zonificación de la capacidad portante del distrito de Morales*. Tarapoto.
- Sheldon M., R. (2007). *Introducción a la estadística*. Barcelona: Editorial reverté s.a.
- Vargas Sabadías, A. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. Murcia: Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Villalobos Ríos, R. A. (2014). *Estudio de la capacidad portante de los suelos del centro poblado Las Palmas, distrito de la Banda de Shilcayo*. Tarapoto.

ANEXOS

Anexo 01: Constancia de no duplicidad.

Anexo 02: Autorización municipal.

Anexo 03: Estudio de suelos

Anexo 04: Panel Fotográfico

Anexo 05: Planos